

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche scientifique
Université Chadli Ben Jdid_Taref



Département de Production Végétale
Mémoire de fin d'étude
En vue d'obtention du diplôme de Master
Spécialité Ecologie Forestière

**Forêts de chêne-liège en Algérie : revue de
littérature sur l'état phytosanitaire et les
stratégies de conservation va évaluer l'état
de santé de la chêne liège**

Réalisées par :

- **GRAINE Wenassa**

Sous la direction de :

- **Mr.AOUADI Abdallah**

Années universitaires : 2024/2025



Remerciement

*En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements à mon encadreur, Monsieur **AOUADI Abdallah**, qui m'a initié à la recherche. Un grand merci pour vos encouragements et votre soutien.*

J'adresse mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'examiner et de juger mon travail.

*Je tiens également à remercier chaleureusement le Professeur **TELAÏLIA** pour ses précieux conseils et son appui tout au long de ce travail.*

Mes remerciements s'adressent aussi à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie également ma famille, mes amis, ainsi que toutes celles et ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Au début de ce mémoire, je dédie mes mots et mes efforts à Dieu, le Tout-Puissant, pour Son soutien et Sa bénédiction dans chaque étape de ma vie. C'est par Sa grâce que j'ai pu avancer, persévérer et atteindre mes objectifs.

Je me dédie également à moi-même, avec fierté et reconnaissance, pour tout ce que j'ai accompli jusqu'à présent. Ce travail est le fruit de ma patience, de ma détermination et de ma résilience.

Je dédie ce mémoire à ma chère mère Houria, source inépuisable d'amour, de sacrifices et de soutien. Merci maman d'avoir été mon pilier à chaque instant.

À la mémoire de mon père défunt, Alaoua, parti trop tôt... Tu restes vivant dans mon cœur. J'espère de tout cœur que tu es fier de moi, là où tu es.

À mes frères Issam, Baby, Aymen, Farid Hamd, et à mes sœurs Wafa, Kamar, Amira, Amina, je dédie également ce travail avec tout mon amour. Une pensée spéciale pour ma grande sœur Wafa, mon modèle, et Kamar, ma petite sœur, ma fierté et mon âme sœur. Félicitations à toi pour ta graduation.

Je dédie ce travail à mes neveux et nièces, petites lumières qui embellissent ma vie chaque jour.

À mon mari Adam, je dédie cette réussite. Tu es mon cadeau de la vie, mon soutien inconditionnel et ma plus grande bénédiction. Merci pour ton amour et ta présence sans faille.

Je pense aussi à sa famille, que je considère comme la mienne : maman Yasmîna, papa Lounis, ainsi que ses frères et sœurs Kawthar et Mohamed.

Un remerciement du cœur à mon grand-père Amri, mon oncle et sa femme Sabah, pour leur présence, leur appui, et leur affection, ainsi qu'à leurs enfants Dhekra et Ali.

Et je dédie cette réussite à mes chères amies Bouchra, Asma, Djehan, Rayen, Aya, Doaa, Soussan, Soumia, pour leur amitié sincère, leur soutien et leurs belles énergies. Merci à vous tous. Ce mémoire vous appartient aussi.

Wenassa



Résumé

Résumé

Les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*), écosystèmes emblématiques du bassin méditerranéen, occupent une place stratégique en Algérie sur les plans écologique, économique et social. Cependant, ces forêts subissent une dégradation progressive sous l'effet conjugué de facteurs biotiques (agents pathogènes, insectes ravageurs, pression anthropique) et abiotiques (sécheresse, incendies, changement climatique). Cette revue de littérature vise à évaluer l'état phytosanitaire des subéraies algériennes en identifiant les principaux facteurs de stress, les pathogènes associés et les menaces actuelles pesant sur leur résilience.

L'étude met également en lumière les stratégies de conservation mises en œuvre à ce jour, en soulignant à la fois leurs apports et leurs limites. Elle révèle un déséquilibre entre la recherche scientifique et l'application pratique sur le terrain, et souligne l'importance d'adopter une approche intégrée et participative pour la gestion durable de ces écosystèmes. Enfin, des recommandations sont formulées en faveur d'une gouvernance renforcée, fondée sur des données scientifiques fiables, la co-gestion et l'implication de l'ensemble des acteurs concernés. Ce mémoire constitue ainsi un outil de réflexion pour orienter les politiques de conservation du chêne-liège en Algérie vers plus d'efficacité et de durabilité.

Mots-clés : Chêne-liège, *Quercus suber*, Algérie, phytosanitaire, dégradation forestière, pathogènes, conservation, changement climatique, gestion durable, biodiversité.

Résumé

الملخص

تُعد غابات السنديان الفليني (*Quercus suber*) من النظم البيئية الرمزية لحوض البحر الأبيض المتوسط، وتكتسي أهمية استراتيجية في الجزائر على الصعيدين البيئي والاقتصادي والاجتماعي. ومع ذلك، فإن هذه الغابات تتعرض لتدهور تدريجي نتيجة لتفاعل عوامل حيوية (العوامل الممرضة، الحشرات الضارة، الضغط البشري) ولاحيوية (الجفاف، الحرائق، التغير المناخي). تهدف هذه المراجعة الأدبية إلى تقييم الحالة الصحية لغابات السنديان الفليني في الجزائر من خلال تحديد العوامل الرئيسية للإجهاد والممرضات والتهديدات التي تؤثر على قدرتها على الصمود.

تُبرز الدراسة الاستراتيجيات المتبعة في الحفاظ على هذه الغابات، مبيّنة مكامن قوتها وضعفها. كما تكشف عن وجود فجوة بين البحث العلمي والتطبيق الميداني، مما يستدعي تبني نهج تكاملي وتشاركي لإدارة مستدامة لهذه النظم البيئية. وفي الختام، تم تقديم توصيات لتعزيز الحوكمة المعتمدة على بيانات علمية موثوقة، بمشاركة جميع الأطراف المعنية. يُعد هذا البحث أداةً للتفكير من أجل توجيه سياسات الحفاظ على السنديان الفليني في الجزائر نحو مزيد من الفعالية والاستدامة.

الكلمات المفتاحية: السنديان الفليني، *Quercus suber*، الجزائر، الحالة الصحية، تدهور الغابات، العوامل الممرضة، الحفظ، التغير المناخي، الإدارة المستدامة، التنوع البيولوجي.

Résumé

Abstract

Cork oak (*Quercus suber*) forests, emblematic ecosystems of the Mediterranean basin, hold strategic ecological, economic, and social importance in Algeria. However, they are undergoing progressive degradation due to the combined effects of biotic factors (pathogens, insect pests, human pressure) and abiotic stressors (drought, wildfires, climate change). This literature review aims to assess the phytosanitary status of Algerian cork oak forests by identifying key stress factors, associated pathogens, and the current threats to their resilience.

The study highlights the conservation strategies implemented so far, pointing out both their strengths and limitations. It also reveals a gap between scientific research and on-the-ground management, underscoring the need for an integrated and participatory approach to sustainable forest governance. Finally, recommendations are proposed to strengthen science-based governance through inclusive stakeholder involvement. This thesis thus serves as a reflective tool to guide more effective and sustainable conservation policies for cork oak ecosystems in Algeria.

Keywords: Cork oak, *Quercus suber*, Algeria, phytosanitary status, forest degradation, pathogens, conservation, climate change, sustainable management, biodiversity.

Liste des figures

Figure 1:Aire de répartition du chêne liège en Algérie	6
Figure 2: Le chêne-liège (<i>Quercus suber</i>)	9
Figure 3:La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège	21
Figure 4:La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège	22
Figure 5: La visualisation en réseau des thèmes de recherche liés aux forêts de chênes-lièges (<i>Quercus suber</i>) et à leurs défis	24
Figure 6: La visualisation retrace l'évolution du réseau de co-auteurs entre 2010 et 2025	25
Figure 7: La visualisation de réseau met en évidence les schémas de co-auteur dans le domaine de recherche sur le chêne liège en Algérie, révélant trois principaux pôles de collaboration	26
Figure 8: Répartition selon l'année d'étude	27
Figure 9: Répartition selon le type documentaire	28
Figure 10: Répartition selon la durée d'étude.....	29
Figure 11:Répartition selon la nature de zone d'étude	30
Figure 12: <i>Phytophthora cinnamomi</i>	31
Figure 13: Incendies de forêt	35
Figure 14: Le Parc national d'El Kala.....	39

Liste des tableaux

Tableau 1:Principales espèces associées aux forêts de chêne-liège en Algérie	10
Tableau 3: les critères appliqués pour homogénéiser le corpus analysé	16
Tableau 2:Facteurs abiotique et ses effets observés sur le chêne-liège.....	34

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
ملخص	
Abstract	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Répartition et écologie des forêts de chêne-liège en Algérie

1. Répartition géographique.....	5
1.1. Localisation des principales zones forestières.....	5
1.2. Superficie actuelle comparée à la superficie historique	6
2. Caractéristiques écologiques.....	7
2.1. Conditions pédoclimatiques : nature des sols, climat, altitudes	7
2.2. Associations végétales typiques, biodiversité associée	9
2.3. Facteurs limitants et conditions optimales de croissance	10

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Sources des Données.....	13
1.1 Bases de données académiques :	13
2. Les documents ciblés	13
2.1 Documents institutionnels :	13
2.2 Travaux universitaires :	13
3. Stratégie de Recherche Documentaire	14
3.1 Définition des mots-clés :	14
3.2 Processus de sélection :	14
4. Critères d'Inclusion/Exclusion.....	16
5. Collecte et sélection des données scientifiques.....	16
6. Analyse bibliométrique et qualitative	17

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Méta-analyses	20
1.1 La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège	20

1.2 La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège	22
1.3 La visualisation en réseau des thèmes de recherche liés aux forêts de chênes-lièges	23
1.4 La visualisation retrace l'évolution du réseau de co-auteurs entre 2010 et 2025	24
1.5 La visualisation de réseau dans le domaine de recherche sur le chêne liège en Algérie	25
2. Analyse détaillée des 9 articles sélectionnés.....	26
2.1 La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège en	26
Algérie	26
2.2 La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège en Algérie	27
2.3 La répartition des travaux selon leur durée d'étude sur le chêne-liège en Algérie	28
2.4 La répartition selon la nature de zone d'étude sur le chêne-liège en Algérie.....	29
3.1 État phytosanitaire des forêts de chêne-liège	30
3.1.1 Pressions abiotiques.....	33
3.1.2 Impacts sur les écosystèmes	36
3.2 Stratégies de conservation et de gestion durable.....	38
3.2.1 Initiatives nationales.....	38
3.2.2 Méthodes de conservation in situ et ex situ.....	40
3.2.3 Implication des acteurs locaux	41
3.2.4 Limites des stratégies actuelles	42
3.3 Perspectives et recommandations.....	45
3.3.1 Renforcement de la surveillance phytosanitaire.....	45
3.3.2 Approche écosystémique intégrée.....	46
3.3.3 Valorisation durable des ressources : liège, mycélium, plantes aromatiques	47
3.3.4 Appui à la recherche et à l'innovation	48
<i>Conclusion</i>	51
Les références bibliographiques	

Introduction générale

Introduction générale

Contexte général

Les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*) sont caractéristiques du bassin méditerranéen et couvrent environ 2,5 millions d'hectares, répartis principalement entre le Portugal, l'Espagne, l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, la France et l'Italie (**Pausas et al., 2009**). Ces écosystèmes jouent un rôle écologique fondamental : ils hébergent une biodiversité exceptionnelle, protègent les sols contre l'érosion, régulent les cycles hydriques, et atténuent les effets du changement climatique (**Aronson et al., 2009 ; Costa et al., 2010**).

D'un point de vue économique, le chêne-liège constitue la base d'une industrie durable et renouvelable, notamment à travers la production de liège pour l'usage vinicole, mais aussi pour l'isolation thermique et phonique (**Bugalho et al., 2011**). Les produits forestiers non ligneux (PFNL) comme les plantes aromatiques et médicinales, les champignons et les fruits forestiers contribuent à la subsistance et aux revenus des populations rurales (**FAO, 2013**).

En Algérie, ces forêts s'étendent principalement dans les zones de montagne du Nord-Est, notamment dans les wilayas de Jijel, Skikda, El Tarf, et Tizi Ouzou. Elles représentent environ 350 000 hectares, soit près de 14 % des forêts algériennes (**Meddour-Sahar et al., 2017**). Outre leur fonction écologique, elles ont une grande importance sociale, en particulier pour les communautés rurales dépendantes du liège et des PFNL (**Bensaid et al., 2019**).

Problématique

Depuis plusieurs décennies, les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*) en Algérie font face à une dégradation continue, tant sur le plan écologique que sanitaire. Cette dynamique de régression s'explique par l'interaction de multiples facteurs biotiques et abiotiques.

Parmi les facteurs abiotiques, on recense les effets du changement climatique, caractérisés par une intensification des périodes de sécheresse, une augmentation des températures moyennes, et une plus grande fréquence des incendies de forêt. À cela s'ajoutent l'érosion des sols et l'appauvrissement hydrique des milieux, qui compromettent la régénération naturelle des peuplements. (**Pausas et al., 2009 ; Meddour-Sahar et al., 2017**).

Introduction générale

Du côté des facteurs biotiques, la vulnérabilité des chênes-lièges est accrue par l'action de divers agents pathogènes, notamment les champignons comme *Diplodia corticola*, responsables de nécroses corticales, ainsi que les insectes xylophages tels que *Coraebus undatus*. Le surpâturage, les coupes illicites et la pression anthropique exacerbent encore cette situation, en accentuant la fragmentation des habitats et en réduisant la capacité de résilience des écosystèmes (**Ouarmim et al., 2020**).

Les conséquences de cette dégradation sont multiples : baisse de la productivité du liège, perte de biodiversité, fragilisation du couvert végétal, désertification progressive des sols, et recul des services écosystémiques rendus aux populations locales (**Ouarmim et al., 2020**).

Face à cette situation critique, se pose la nécessité d'adopter des stratégies de gestion durable qui tiennent compte à la fois des spécificités écologiques de ces écosystèmes forestiers et des besoins socio-économiques des populations riveraines. Ces stratégies doivent s'appuyer sur une évaluation rigoureuse de l'état phytosanitaire des peuplements, une meilleure connaissance des facteurs de stress, ainsi que sur des approches intégrées de conservation, incluant la participation communautaire et la restauration écologique (**FAO, 2020 ; Sghaier et al., 2022**).

Dès lors, la problématique centrale de ce mémoire peut être formulée ainsi : **Comment évaluer l'état phytosanitaire actuel des forêts de chêne-liège en Algérie, et quelles stratégies de conservation durables peuvent être mises en œuvre pour en assurer la préservation et la résilience à long terme ?**

Objectifs de la revue

Face à la dégradation progressive des forêts de chêne-liège (*Quercus suber*) en Algérie et à la nécessité de leur gestion durable, cette revue de littérature poursuit plusieurs objectifs complémentaires :

- 1. Présenter une synthèse actualisée et critique de l'état phytosanitaire des subéraies algériennes**, en identifiant les principaux agents pathogènes, les insectes ravageurs, les effets des changements climatiques, ainsi que les facteurs de stress anthropiques et environnementaux qui compromettent la santé de ces écosystèmes (**Sahar et al., 2017**).

Introduction générale

2. **Recenser et analyser les principales stratégies de conservation mises en œuvre dans les forêts de chêne-liège en Algérie**, qu'elles soient institutionnelles, techniques, ou communautaires. Cette analyse permet de distinguer les approches de prévention, de restauration, de valorisation du liège et des produits forestiers non ligneux, ainsi que les actions de sensibilisation et de participation locale (**FAO, 2020 ; Ouarmim et al., 2020**).
3. **Identifier les limites et les faiblesses de ces stratégies actuelles**, notamment en matière de gouvernance, de coordination intersectorielle, de financement durable ou d'intégration des connaissances écologiques dans la planification forestière (**Bensaid et al., 2021**).
4. **Proposer des perspectives d'amélioration fondées sur une approche écosystémique et participative**, en intégrant les principes de la conservation adaptative, la résilience écologique et la co-gestion des ressources naturelles. L'objectif est d'orienter la prise de décision vers des modèles durables, intégrant à la fois les impératifs de préservation de la biodiversité et les besoins des populations locales (**Aronson et al., 2009 ; FAO, 2020**).

*Chapitre I : Répartition et
écologie des forêts de chêne-
liège en Algérie*

1. Répartition géographique

1.1. Localisation des principales zones forestières

En Algérie, les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*) sont principalement localisées dans la bande nord-est du pays, où le climat subhumide à humide, les sols siliceux et les altitudes modérées offrent des conditions écologiques favorables à cette essence méditerranéenne (**Messaoudene et al., 2015**).

Les peuplements les plus importants se trouvent dans les wilayas de El Tarf, qui abrite les subéraies les plus étendues et les mieux conservées, notamment au sein du parc national d'El Kala. Souk Ahras et Guelma présentent également des formations mixtes de chêne-liège, souvent en association avec le chêne zéen et le pin d'Alep.

D'autres foyers significatifs sont répartis dans les wilayas de Jijel, Skikda, Annaba, ainsi que dans la région centre-nord, notamment à Tizi-Ouzou, Bejaïa, Boumerdès et Blida, où les peuplements sont plus fragmentés mais toujours exploités pour la production de liège (**DGF, 2022 ; Ouarmim et al., 2020**).

Cette répartition géographique reflète non seulement les exigences écologiques du chêne-liège, mais aussi l'impact des pressions anthropiques qui affectent différemment les subéraies selon les régions (incendies, défrichage, pâturage intensif).

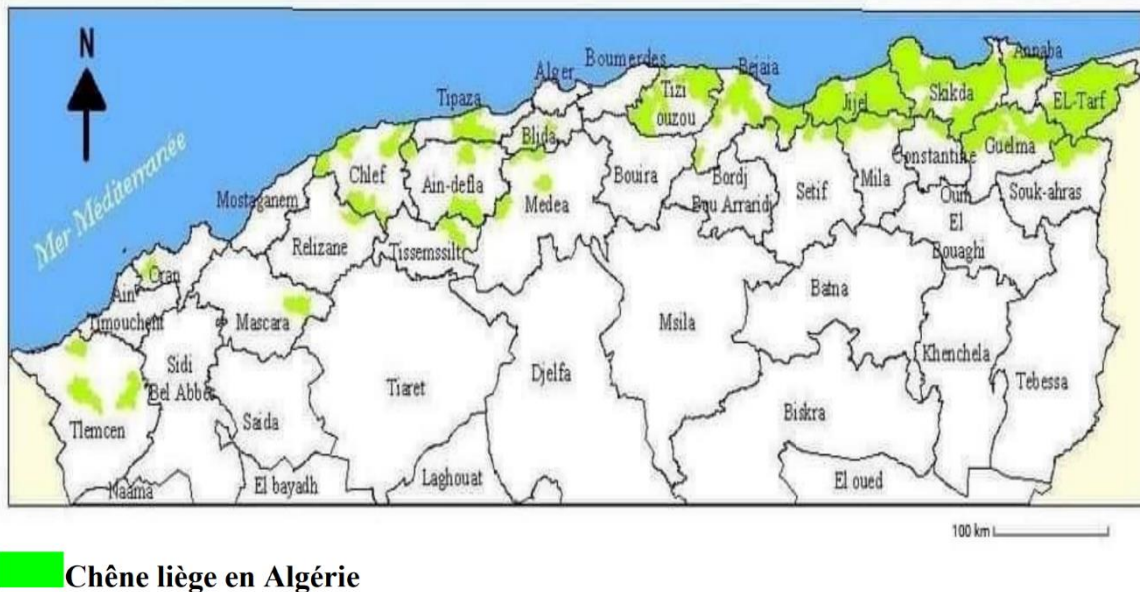


Figure 1: Aire de répartition du chêne liège en Algérie (DGF, 2022)

1.2. Superficie actuelle comparée à la superficie historique

La superficie historique des forêts de chêne-liège en Algérie était estimée à plus de 600 000 hectares, répartis sur l'ensemble de la bande nord du pays, depuis la région de Tlemcen à l'ouest jusqu'à El Tarf à l'est (Bouhraoua *et al.*, 2010). Cette superficie représentait une part significative de la couverture forestière nationale, en particulier dans les zones de climat subhumide et humide, où les conditions écologiques sont optimales pour le développement du *Quercus suber*.

Actuellement, les données de la Direction Générale des Forêts indiquent une superficie réduite à environ 440 000 hectares, soit une perte de plus de 150 000 hectares en quelques décennies (DGF, 2022). Cette réduction ne s'est pas opérée de manière uniforme : certaines régions comme El Tarf, Jijel et Souk Ahras ont pu maintenir une partie importante de leur couverture, tandis que d'autres, comme Bouira ou Médéa, ont subi une régression accélérée.

Chapitre I Répartition et écologie des forêts de chêne-liège en Algérie

En termes de typologie des peuplements, les forêts denses et pures de chêne-liège sont devenues rares. La majorité des subéraies actuelles sont dégradées ou mêlées à d'autres espèces comme le chêne zéen (*Quercus canariensis*), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ou l'arbousier (*Arbutus unedo*). Cette altération de la composition floristique s'accompagne souvent d'une baisse du taux de boisement, de la densité des tiges, et d'un affaiblissement de la régénération naturelle (**Ouarmim et al., 2020 ; Benabadji et al., 2017**).

Les causes de cette évolution sont multiples. Les incendies de forêt récurrents, notamment dans les wilayas de Skikda, Annaba et Béjaïa, ont causé la perte de vastes superficies subéricoles. Par ailleurs, la pression démographique, l'urbanisation, le surpâturage, et l'exploitation anarchique du liège ont accentué la fragmentation des peuplements et leur vulnérabilité phytosanitaire (**Messaoudene et al., 2015**).

La superficie actuelle ne reflète pas seulement une réduction quantitative, mais aussi une altération qualitative des forêts de chêne-liège en Algérie. Cette dynamique de dégradation appelle à une réévaluation des politiques de gestion forestière, avec des approches intégrant à la fois la restauration écologique, la prévention des risques, et la valorisation durable de cette ressource patrimoniale.

2. Caractéristiques écologiques

2.1. Conditions pédoclimatiques : nature des sols, climat, altitudes

Le chêne-liège (*Quercus suber*) se développe principalement dans les zones à climat subhumide à humide du nord algérien, avec une pluviométrie annuelle comprise entre 600 et 1 200 mm. Il est bien adapté aux températures douces, caractérisées par des hivers modérément froids et des étés relativement humides (**Ouarmim et al., 2020 ; Bouhraoua et al., 2010**). En Algérie, cette essence forestière est présente entre 100 et 1 200 mètres d'altitude, mais elle est plus fréquente dans les étages compris entre 300 et 800 mètres, là où les conditions pédoclimatiques sont les plus favorables.

Chapitre I Répartition et écologie des forêts de chêne-liège en Algérie

Du point de vue édaphique, le chêne-liège préfère les sols siliceux, légers, bien drainés, acides à neutres, pauvres en calcaire actif et riches en matière organique. Il montre une faible affinité pour les sols argileux lourds ou calcaires qui compromettent son enracinement et réduisent la régénération naturelle (**Benabadji et al., 2017**). Les formations issues de roches métamorphiques ou cristallines, comme les schistes, grès ou granites, produisent des sols sablo-limoneux acides, particulièrement propices à son développement.

La topographie a également une influence marquée : l'espèce occupe plus volontiers les versants orientés au nord ou à l'est, qui conservent mieux l'humidité du sol et sont moins exposés au stress hydrique durant la saison sèche. Dans des régions comme El Tarf, Souk Ahras ou Skikda, l'interaction entre climat tempéré, sols acides, et topographie montagneuse favorise l'installation de peuplements denses et bien structurés (**Messaoudene et al., 2015**).

Cependant, ces conditions écologiques favorables sont de plus en plus fragilisées par les effets combinés de l'érosion, de la salinisation des sols, du recul de la couverture végétale et des changements climatiques. Ces facteurs modifient l'équilibre naturel et affectent directement la vigueur, la croissance et la résistance des subéraies face aux agressions biotiques et abiotiques (**Ouarmim et al., 2020**).

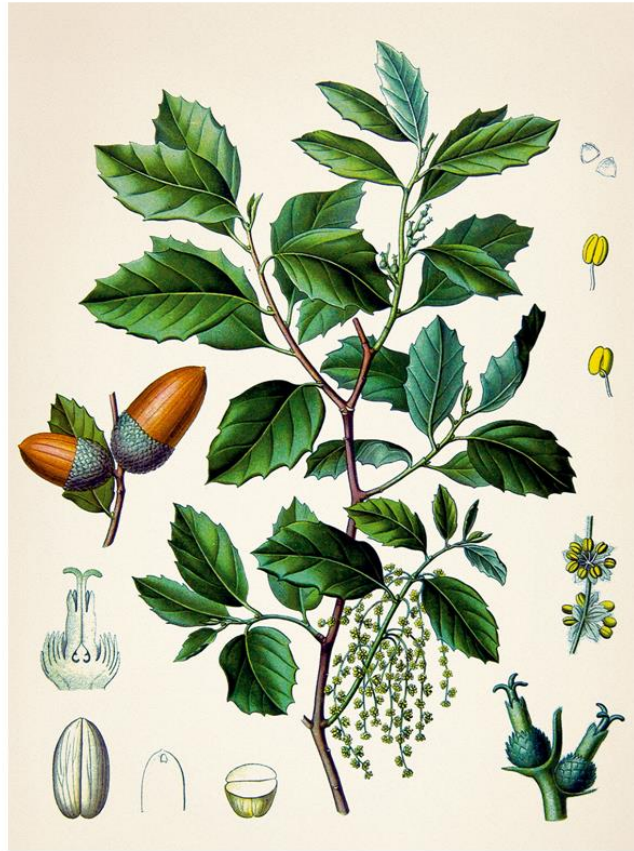


Figure 2: Le chêne-liège (*Quercus suber*) (Messaoudene *et al.*, 2015).

2.2. Associations végétales typiques, biodiversité associée

Les forêts de chêne-liège en Algérie sont intégrées dans un paysage végétal méditerranéen caractérisé par une **grande diversité floristique et faunistique**. Le chêne-liège cohabite avec d'autres espèces ligneuses comme le chêne zen (*Quercus canariensis*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), ou encore le lentisque (*Pistacia lentiscus*), formant un maquis dense et stratifié. Cette **association végétale** favorise les processus écologiques comme la pollinisation, la régénération et la stabilisation du sol (Bouhraoua *et al.*, 2010 ; Benabadji *et al.*, 2017).

Les subéraies abritent également une faune diversifiée. On y trouve des mammifères comme le singe magot (*Macaca sylvanus*), des rapaces, des amphibiens, ainsi qu'un cortège d'insectes pollinisateurs et xylophages.

Chapitre I Répartition et écologie des forêts de chêne-liège en Algérie

L'oiseau *Sitta ledanti*, endémique de Kabylie, est un indicateur biologique de la bonne santé de ces écosystèmes (Ouarmim *et al.*, 2020).

Cependant, cette biodiversité est fragilisée par des facteurs anthropiques : incendies récurrents, déforestation, surpâturage et urbanisation entraînent une perte de connectivité écologique et une simplification des structures végétales.

Tableau 1: Principales espèces associées aux forêts de chêne-liège en Algérie (Ouarmim *et al.*, 2020)

Type biologique	Espèce dominante	Nom scientifique	Rôle écologique principal
Arbre feuillu	Chêne zen	<i>Quercus canariensis</i>	Ombre, biodiversité, rétention d'eau
Arbuste fruitier	Arbousier	<i>Arbutus unedo</i>	Nourriture pour la faune, sous-bois
Arbuste aromatique	Myrte	<i>Myrtus communis</i>	Protection du sol, biodiversité floristique
Arbrisseau	Lentisque	<i>Pistacia lentiscus</i>	Maquis, résistance à la sécheresse
Arbrisseau	Bruyère arborescente	<i>Erica arborea</i>	Fixation des sols acides, bioindicateur
Faune associée	Singe magot	<i>Macaca sylvanus</i>	Espèce protégée, rôle dans la dissémination
Faune aviaire	Sittelle kabyle	<i>Sitta ledanti</i>	Endémique, indicateur de forêts anciennes

2.3. Facteurs limitants et conditions optimales de croissance

Les facteurs optimaux de croissance du chêne-liège sont liés à un climat méditerranéen caractérisé par des hivers modérés, des étés relativement frais et des précipitations annuelles suffisantes (600-1 200 mm). Cette espèce préfère les sols légers, acides à neutres, bien drainés, et pauvres en calcaire. En revanche, l'excès de calcaire actif dans le sol limite fortement la croissance du chêne-liège, réduisant son enracinement et entraînant un déficit en nutriments essentiels, ce qui affecte sa productivité (Messaoudene *et al.*, 2015).

Le stress hydrique est également un facteur limitant majeur, surtout durant les périodes de sécheresse estivale. Si la disponibilité en eau est insuffisante, la croissance des jeunes plants et la

Chapitre I Répartition et écologie des forêts de chêne-liège en Algérie

régénération naturelle sont ralenties, et les arbres adultes deviennent plus vulnérables aux attaques de ravageurs et aux maladies (**Benabadji et al., 2017**).

Les températures extrêmes, notamment les gelées hivernales, représentent un autre facteur limitant, particulièrement pour les jeunes plants qui n'ont pas encore développé un enracinement profond. L'érosion des sols, notamment dans les zones montagneuses de l'Algérie, dégrade la structure du sol et empêche le développement normal des racines du chêne-liège (**Ouarmim et al., 2020**).

Les agressions biotiques, telles que les attaques de champignons phytopathogènes (par exemple *Ceratocystis fimbriata*) et des insectes défoliateurs comme la chenille processionnaire (*Thaumetopea pityocampa*), viennent aggraver la dégradation de la qualité des forêts de chêne-liège, réduisant leur résistance et leur capacité à se régénérer naturellement (**Bouhraoua et al., 2010**).

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Sources des Données

L'échantillonnage des données s'est appuyé sur une diversité de sources académiques et institutionnelles pour assurer une représentation équilibrée des connaissances disponibles :

1.1 Bases de données académiques :

Google Scholar : Plateforme principale permettant une recherche large et multidisciplinaire grâce à son algorithme de recherche étendu et son indexation de diverses publications (articles scientifiques, thèses, rapports techniques).

PubMed/Scopus : Utilisés en complément pour leur couverture approfondie des études biomédicales (PubMed) et scientifiques interdisciplinaires (Scopus), particulièrement utiles pour les aspects sanitaires ou écologiques pointus.

ScienceDirect/Web of Science : Consultés ponctuellement pour accéder à des revues spécialisées dans les sciences environnementales ou forestières.

2. Les documents ciblés

2.1 Documents institutionnels :

Rapports techniques : Issus d'organismes nationaux (ex. Direction Générale des Forêts algérienne, Ministère de l'Environnement) et internationaux (FAO, PNUE) pour des données officielles et des analyses contextuelles.

Projets de recherche : Documents provenant de programmes de recherche nationaux (ex. projets PNR algériens) ou de coopération internationale (UE, coopérations bilatérales).

2.2 Travaux universitaires :

Thèses de doctorat et mémoires de master : Sources précieuses pour des données primaires et des analyses détaillées, accessibles via les bibliothèques universitaires algériennes (ex. dépôts de l'Université de Tlemcen ou de l'École Nationale Supérieure Agronomique).

3. Stratégie de Recherche Documentaire

3.1 Définition des mots-clés :

Une sélection stratégique de mots-clés a été élaborée en français, anglais et arabe afin d'optimiser la portée et la pertinence des recherches.

Pour les thématiques forestières, les combinaisons suivantes ont été privilégiées : « dépérissement forestier Algérie », « changement climatique + cèdre de l'Atlas », ainsi que « dégradation des écosystèmes + [wilaya] » pour cibler des zones géographiques spécifiques.

Concernant les aspects sanitaires, les mots-clés incluent « santé publique + zones rurales Algérie » et « maladies vectorielles + climat », permettant d'aborder les problématiques liées à la santé dans un contexte environnemental.

Les méthodologies employées ont été ciblées par des termes tels que « SIG + gestion forestière » et « analyse phytosanitaire + méthodes », afin de repérer les études portant sur les techniques et outils d'analyse utilisés dans ce domaine.

3.2 Processus de sélection :

Phase 1 : La première étape a consisté en une exploration large des bases de données en utilisant des mots-clés génériques et stratégiques. L'objectif était de rassembler un corpus exhaustif d'environ 500 documents couvrant les thématiques centrales de l'étude. Cette phase a permis d'englober une diversité de sources, allant des articles scientifiques aux rapports techniques et thèses, sans restriction initiale sur la date ou le type de publication afin d'éviter toute exclusion prématurée.

Phase 2 : Filtrage par :

Le corpus initial a été soumis à un processus rigoureux de sélection selon plusieurs critères :

- **Pertinence thématique :** chaque document a été analysé par la lecture systématique des titres, résumés, et mots-clés afin de vérifier l'adéquation au sujet de recherche. Les études hors sujet ou trop éloignées des axes prioritaires ont été exclues.

- **Qualité méthodologique** : une attention particulière a été portée à la rigueur scientifique des publications. Ont été retenus uniquement les travaux présentant un protocole clair, notamment la description d'un échantillonnage précis et la mise en œuvre d'analyses statistiques pertinentes. Ce critère a assuré la fiabilité et la robustesse des données exploitées.
- **Accessibilité** : pour garantir une exploitation complète des sources, la priorité a été donnée aux articles en texte intégral accessibles librement ou via les abonnements institutionnels disponibles, facilitant ainsi la consultation exhaustive et l'analyse détaillée des contenus.

Phase 3 : La dernière phase a consisté en une sélection rigoureuse à partir d'une grille d'évaluation critériée, prenant en compte :

- La pertinence précise par rapport aux objectifs spécifiques de la recherche.
- La nouveauté et l'actualité des données.
- La crédibilité des auteurs et des revues.
- La diversité des approches méthodologiques pour assurer un panorama complet.

Cette étape a permis de réduire le corpus à une sélection finale cohérente, représentative et scientifiquement solide, servant de base aux analyses et synthèses ultérieures (section 3).

4. Critères d'Inclusion/Exclusion

Le tableau suivant synthétise les critères appliqués pour homogénéiser le corpus analysé :

Tableau 2: les critères appliqués pour homogénéiser le corpus analysé

Dimension	Critères d'Inclusion	Critères d'Exclusion
Géographique	Focus sur l'Algérie (priorité aux wilayas ciblées : Tlemcen, Béjaïa, etc.)	Études hors contexte algérien sans lien démontrable
Typologie	Articles peer-reviewed, thèses, rapports institutionnels, données primaires	Articles d'opinion, comptes-rendus non scientifiques, prépublications non validées
Langue	Français, Anglais (avec vérification croisée des traductions si nécessaire)	Documents dans d'autres langues sans résumé traduisible
Disponibilité	Texte intégral accessible (PDF, plateformes institutionnelles)	Résumés seuls ou accès payant prohibitif (>20€)
Rigueur méthodologique	Méthodes clairement décrites (taille d'échantillon, outils analytiques)	Études descriptives sans protocole reproductible

Cette approche systématique assure une base solide pour une analyse critique et exhaustive des tendances observées dans la littérature, tout en identifiant les lacunes pour des recherches futures.

5. Collecte et sélection des données scientifiques

Cette revue systématique a pour objectif d'évaluer de manière exhaustive l'état des connaissances scientifiques relatives à la santé du chêne-liège (*Quercus suber*), à travers une analyse méthodique et rigoureuse de la littérature existante.

La collecte des documents s'est appuyée sur l'utilisation du logiciel *Publish or Perish*, qui interroge la base de données Google Scholar. La stratégie de recherche a été élaborée en combinant plusieurs

mots-clés pertinents, notamment « *Quercus suber* AND health AND Algeria », « cork oak AND diseases », « *Quercus suber* pathogens », et autres expressions similaires, afin d’englober tous les aspects liés à la santé, aux maladies et aux facteurs environnementaux affectant cette espèce. Aucune restriction temporelle n’a été appliquée initialement, garantissant ainsi une couverture chronologique complète, depuis les publications les plus anciennes jusqu’aux plus récentes.

Les références ainsi obtenues ont été exportées vers le gestionnaire bibliographique Zotero. Un processus de filtrage rigoureux a ensuite été mis en œuvre pour assurer la qualité et la pertinence du corpus :

- Élimination des doublons et des versions multiples d’un même article.
- Analyse systématique des titres et résumés pour vérifier l’adéquation thématique avec l’objectif de la revue.
- Exclusion des documents ne traitant pas spécifiquement de la santé du chêne-liège ou ne présentant pas de données scientifiques solides.
- Préférence donnée aux articles en texte intégral, accessibles en libre accès ou via les abonnements institutionnels, facilitant ainsi une analyse approfondie.

Ce tri méticuleux a abouti à la sélection d’un corpus final de 67 publications, jugées les plus pertinentes et représentatives des connaissances actuelles sur le sujet.

Ce corpus a ensuite été soumis à une analyse détaillée selon des critères méthodologiques précis, visant à synthétiser les principales tendances, lacunes et perspectives de recherche concernant la santé du *Quercus suber*.

6. Analyse bibliométrique et qualitative

L’analyse des données a adopté une double approche complémentaire afin de maximiser la compréhension des dynamiques de recherche et des connaissances sur la santé du chêne-liège.

D’une part, une analyse bibliométrique a été réalisée à l’aide du logiciel VOSviewer. Cette méthode a permis de cartographier les réseaux de co-occurrence entre mots-clés, auteurs et citations, facilitant ainsi l’identification des principales tendances de la recherche.

Grâce à cette cartographie, plusieurs clusters thématiques majeurs ont été mis en évidence, notamment les maladies fongiques affectant *Quercus suber* et l'impact des changements climatiques sur sa santé.

D'autre part, une synthèse narrative qualitative a été conduite pour approfondir l'interprétation des résultats issus des différentes études sélectionnées. Cette synthèse a permis de dégager les facteurs clés influençant la santé du chêne-liège, de mettre en lumière les défis émergents dans ce domaine, ainsi que les stratégies de conservation et de gestion proposées par les chercheurs.

Cette approche méthodologique intégrée offre ainsi une vision à la fois exhaustive et actualisée des connaissances scientifiques, en combinant l'analyse quantitative des dynamiques de publication et l'analyse qualitative des contenus scientifiques.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Méta-analyses

Analyse globale de 70 documents sur le chêne-liège en Algérie, incluant :

1.1 La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège

La figure 3 illustre l'évolution du nombre de publications scientifiques portant sur le chêne-liège en Algérie entre 1992 et 2025. Les données montrent une variation significative du volume de recherches au fil des années, avec un total fluctuant entre 1 et 6 publications par an.

- Entre 1992 et 2004, la recherche sur le chêne-liège est restée très limitée, avec une seule publication recensée certaines années.
- Une hausse notable est observée à partir de 2005, avec des pics en 2010 (5 publications) et 2012 (6 publications).
- La période 2013–2020 se caractérise par une intensification de l'activité scientifique, avec un maximum de 6 publications/an en 2019, 2020 et 2021.
- Toutefois, les années 2024 et 2025 montrent une chute brutale du nombre d'études, ne comptant qu'une seule publication annuelle.

La courbe de tendance LOESS révèle une croissance globale du nombre de publications jusqu'en 2021, suivie d'un ralentissement net, avec un intervalle de confiance élargi indiquant une instabilité récente.

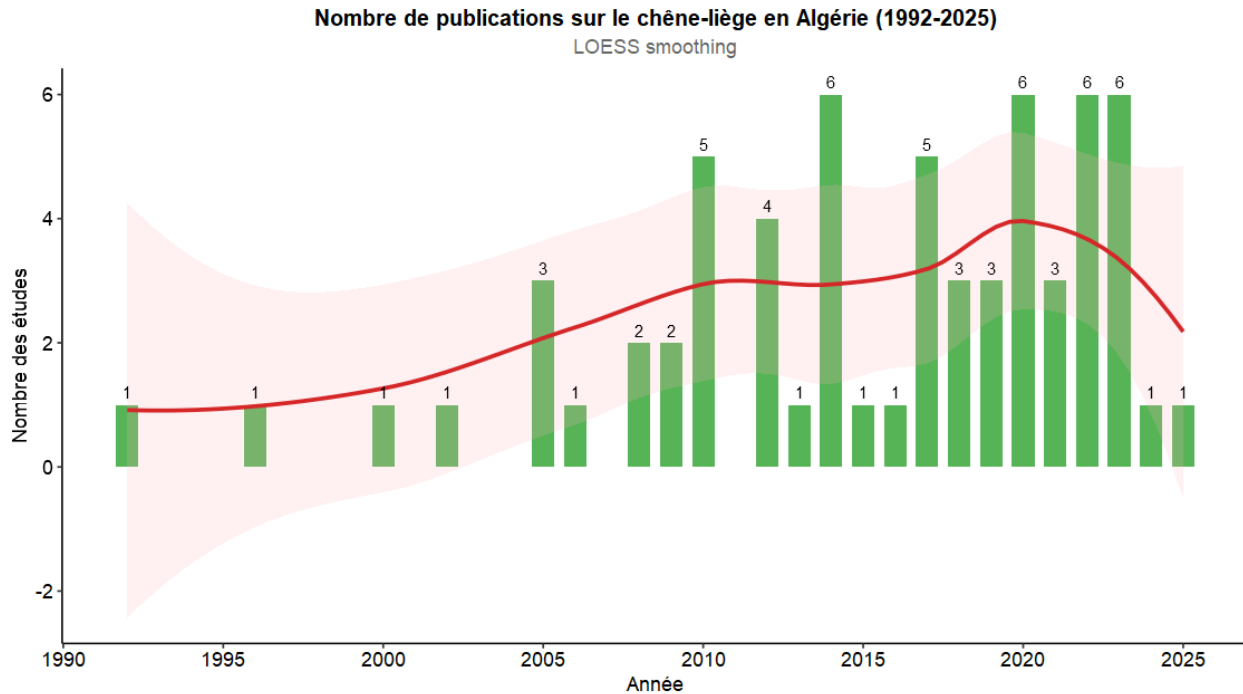


Figure 3: La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège

L'analyse de l'évolution des publications scientifiques témoigne d'un intérêt croissant pour la problématique du chêne-liège en Algérie, particulièrement durant la deuxième décennie des années 2000. Cette augmentation peut s'expliquer par :

- La prise de conscience environnementale croissante face à la dégradation des écosystèmes forestiers,
- Le développement de programmes de recherche en écologie et foresterie,
- Une reconnaissance progressive du rôle socio-économique du liège dans certaines régions du pays.

Cependant, la baisse enregistrée depuis 2023 pose question. Elle pourrait être liée à :

- Une réorientation des priorités de recherche vers d'autres thématiques,
- Un manque de financement ou de renouvellement des projets liés au chêne-liège,
- Une baisse de l'intérêt institutionnel ou universitaire.

Ce constat met en lumière l’urgence de relancer et structurer les efforts scientifiques autour du chêne-liège, espèce essentielle à la résilience des forêts algériennes face aux incendies, à l’érosion et au changement climatique. Il serait pertinent d’encourager une recherche pluridisciplinaire alliant foresterie, écologie, économie rurale et sciences sociales, dans une logique de gestion durable et intégrée.

1.2 La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège

La figure 4 présente la répartition des 67 études recensées selon leur type de document. Il en ressort que :

- Les articles scientifiques représentent la majorité des publications, avec 41 documents, soit environ 61 % de l’ensemble.
- Les thèses (licence, master, doctorat) constituent le deuxième type le plus fréquent, avec 22 documents (33 %).
- En revanche, les rapports de recherche et rapports techniques ne comptent chacun que 2 documents, soit une représentation marginale (3 % chacun).

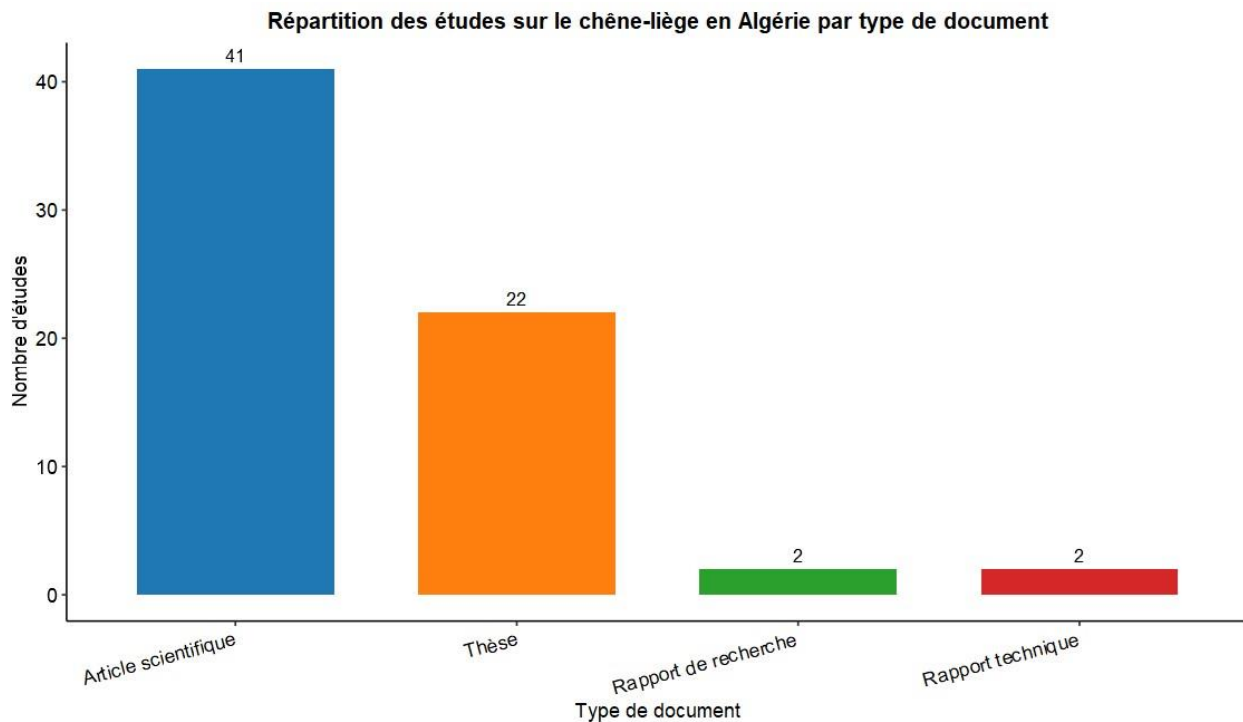


Figure 4:La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège

La forte prédominance des articles scientifiques confirme que le sujet du chêne-liège en Algérie suscite un intérêt académique important, avec une volonté manifeste de diffuser les résultats dans des revues spécialisées. Cela témoigne aussi d'un renforcement des capacités de recherche universitaire au cours des deux dernières décennies.

La présence de nombreuses thèses indique une forte implication des étudiants-chercheurs dans cette thématique, souvent en lien avec les programmes de master et doctorat en écologie, foresterie ou environnement.

En revanche, la quasi-absence de rapports techniques et de recherche institutionnelle soulève des interrogations. Elle peut refléter :

- un manque de transfert de connaissances vers les institutions de gestion forestière,
- une faible implication des organismes publics (ex. : INRF, CNDRB, conservations des forêts),
- ou encore une absence de politique claire de vulgarisation ou de suivi appliqué.

Il devient alors crucial de renforcer la collaboration entre les universités et les structures techniques et administratives, afin de garantir une meilleure valorisation et application des résultats scientifiques sur le terrain.

1.3 La visualisation en réseau des thèmes de recherche liés aux forêts de chênes-lièges

Cette figure 5 présente une visualisation en réseau des thèmes de recherche liés aux forêts de chênes-lièges (*Quercus suber*) et à leurs défis. Le réseau regroupe plusieurs thèmes clés : feux de forêt et gestion (rouge/orange), facteurs de déclin du chêne-liège (y compris les agents pathogènes et les maladies en jaune), aspects de la biodiversité (cyan/vert) et zones géographiques de recherche (bleu, y compris l'Algérie). La taille des nœuds et la densité des connexions indiquent que les feux de forêt, la gestion forestière et le déclin du chêne-liège sont des axes de recherche centraux.

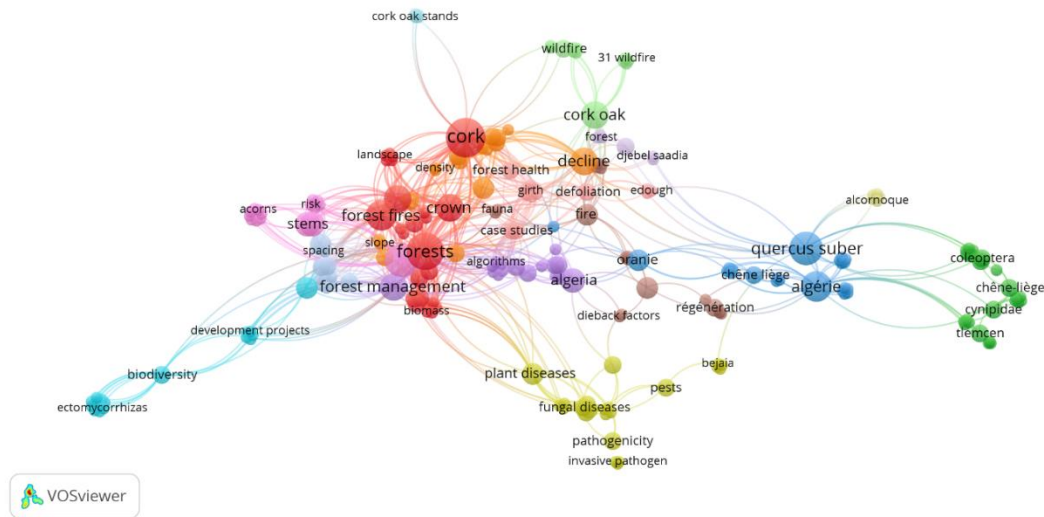


Figure 5: La visualisation en réseau des thèmes de recherche liés aux forêts de chênes-lièges (*Quercus suber*) et à leurs défis

La visualisation met en évidence les interconnexions entre les menaces telles que les feux de forêt, les maladies des plantes et les ravageurs, ainsi que les considérations de gestion telles que la santé, la densité et la conservation de la biodiversité des forêts. La présence de termes tels que « facteurs de dépérissement » et « pathogénicité » suggère des recherches importantes sur les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes, tandis que des termes comme « régénération » soulignent les efforts de conservation.

1.4 La visualisation retrace l'évolution du réseau de co-auteurs entre 2010 et 2025

La visualisation retrace l'évolution du réseau de co-auteurs entre 2010 et 2025, avec une coloration des nœuds reflétant la chronologie des collaborations. Deux auteurs majeures, Bouhraoua et Belhoucine occupent des positions centrales, révélant leur influence dans ce champ de recherche. Le réseau montre une structuration temporelle claire : les collaborations les plus anciennes (2010-2015) gravitent autour de Bouhraoua (en bleu), celles de la période intermédiaire autour de Dehane, B. (en turquoise/vert), et les plus récentes (2020-2025) autour de Belhoucine, L. (en jaune-vert).

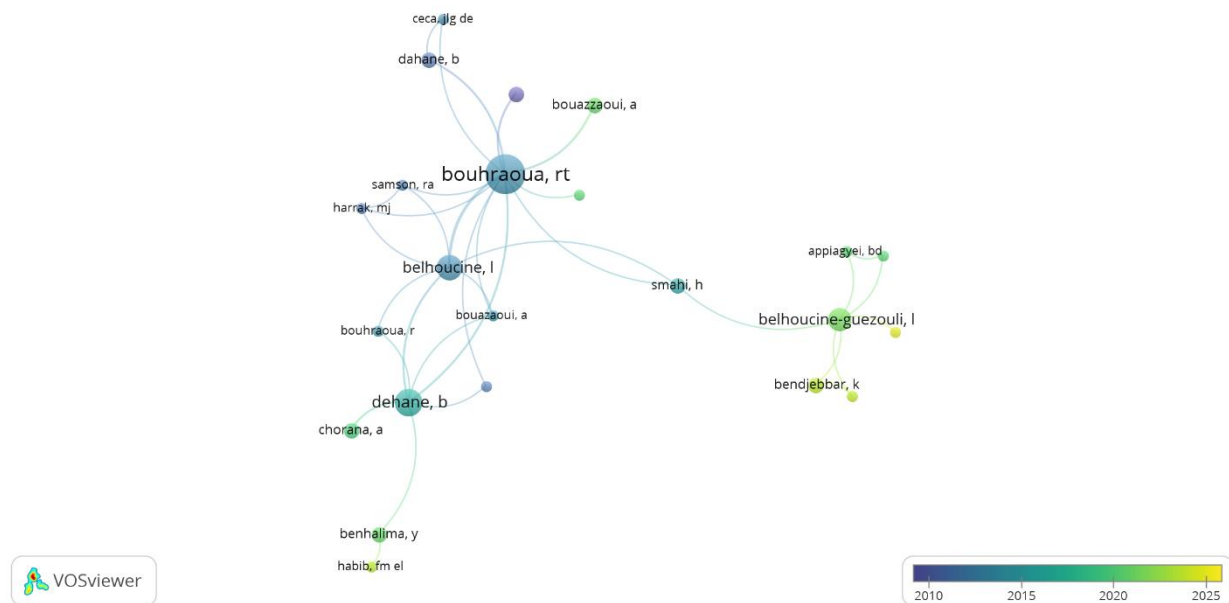


Figure 6: La visualisation retrace l'évolution du réseau de co-auteurs entre 2010 et 2025

Cette dynamique met en lumière l'évolution des partenariats scientifiques, suggérant un renouvellement des acteurs clés et des orientations de recherche au fil du temps.

1.5 La visualisation de réseau dans le domaine de recherche sur le chêne liège en Algérie

Cette visualisation de réseau met en évidence les schémas de co-auteur dans le domaine de recherche sur le chêne liège en Algérie, révélant trois principaux pôles de collaboration. Des figures centrales comme « Bouhraoua » et « Belhoucine-Guezouli » jouent un rôle clé de courtiers de connaissances, reliant des groupes internes denses

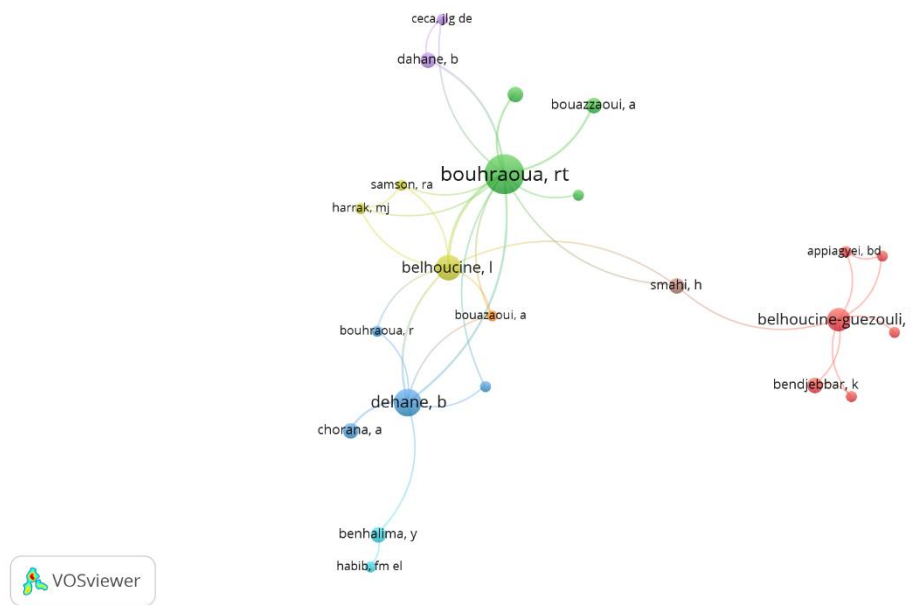


Figure 7: La visualisation de réseau met en évidence les schémas de co-auteur dans le domaine de recherche sur le chêne liège en Algérie, révélant trois principaux pôles de collaboration

La structure codée par couleur et les nœuds de liaison tels que « Belhoucine» suggèrent des collaborations interinstitutionnelles et une dynamique de recherche en constante évolution.

2. Analyse détaillée des 9 articles sélectionnés

Analyse approfondie portant uniquement sur un corpus restreint de 9 articles, reprenant les mêmes critères et observations mais avec un focus plus détaillé sur les publications spécifiques.

2.1 La répartition selon le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège en Algérie

La figure 8 montre le nombre d'études publiées chaque année sur le chêne-liège en Algérie entre 2016 et 2023. La tendance générale indique une production scientifique stable, avec en moyenne une étude par an. Une légère augmentation est observée en 2020, où deux publications ont été recensées, contre une seule pour chacune des autres années.

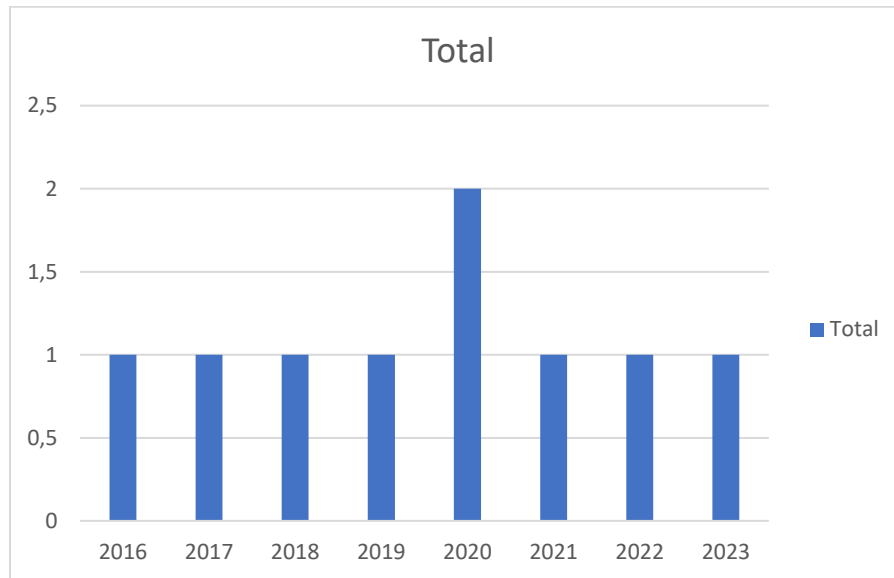


Figure 8: Répartition selon l'année d'étude

Elle révèle une production scientifique relativement stable, avec une moyenne d'une étude par an. L'année 2020 se distingue par un léger pic, avec deux publications, tandis que les autres années n'en comptent qu'une seule. Cette régularité indique un intérêt continu pour la thématique, bien qu'aucune tendance d'accélération notable ne soit observée. L'absence de creux suggère une persistance de l'activité de recherche, mais la faible intensité globale pourrait traduire un manque de dynamisme ou de soutien institutionnel pour approfondir cette problématique environnementale pourtant stratégique.

2.2 La répartition selon le type documentaire sur le chêne-liège en Algérie

La figure 9 illustre la répartition selon le type documentaire. Le type documentaire le plus fréquemment rencontré est l'article scientifique, qui domine avec environ trois unités, reflétant son importance dans la diffusion des connaissances et des résultats de recherche. Juste derrière, les rapports de recherche et les rapports techniques occupent une place équivalente, chacun étant représenté par environ deux unités, ce qui souligne leur rôle complémentaire dans la communication scientifique et technique, souvent destinés à un public plus spécialisé ou appliqué. Par ailleurs, les thèses, qui constituent des travaux approfondis souvent à l'origine de nouvelles découvertes, sont également présentes avec environ deux unités, attestant de leur contribution significative à l'avancement du savoir. Ainsi, ces quatre types documentaires illustrent un équilibre intéressant entre publications académiques, rapports pratiques et travaux de recherche approfondis, reflétant la diversité des formes de communication scientifique.

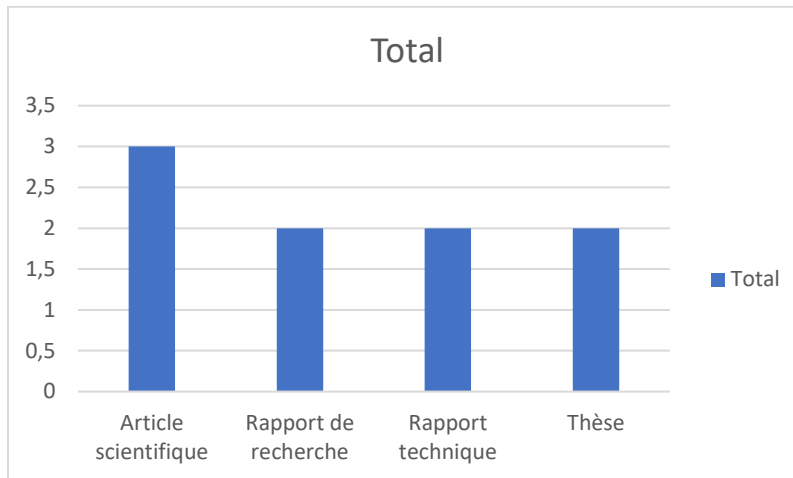


Figure 9: Répartition selon le type documentaire

La dominance des articles scientifiques montre une préférence pour des publications validées par des pairs, ce qui renforce la fiabilité des résultats de l'étude.

Les rapports de recherche et techniques indiquent une production significative de documents liés à des projets ou études appliquées, souvent utilisés pour le suivi et l'analyse de la forêt de chêne-liège.

Les thèses, malgré leur faible proportion, représentent des travaux de recherche approfondis et complets sur le sujet.

2.3 La répartition des travaux selon leur durée d'étude sur le chêne-liège en Algérie

La figure 10 illustre la répartition des travaux selon leur durée d'étude sur le chêne-liège en Algérie. Il en ressort une grande hétérogénéité des durées, allant de 4 mois à 3 ans.

Les durées les plus fréquentes sont 1 an, 2 ans et 3 ans, chacune représentant environ 22 % des études recensées. Ces durées relativement longues traduisent l'importance d'un suivi pluriannuel pour les recherches portant sur le chêne-liège, notamment dans le cadre de l'analyse de la croissance, de la régénération naturelle, des interactions écologiques ou encore de l'impact des pratiques sylvicoles.

Certaines études sont de plus courte durée (4 mois, 6 mois ou 18 mois), ce qui représente environ 33 % de l'échantillon. Ces travaux peuvent correspondre à des enquêtes ponctuelles, des diagnostics sanitaires, ou des projets de fin d'études limités dans le temps.

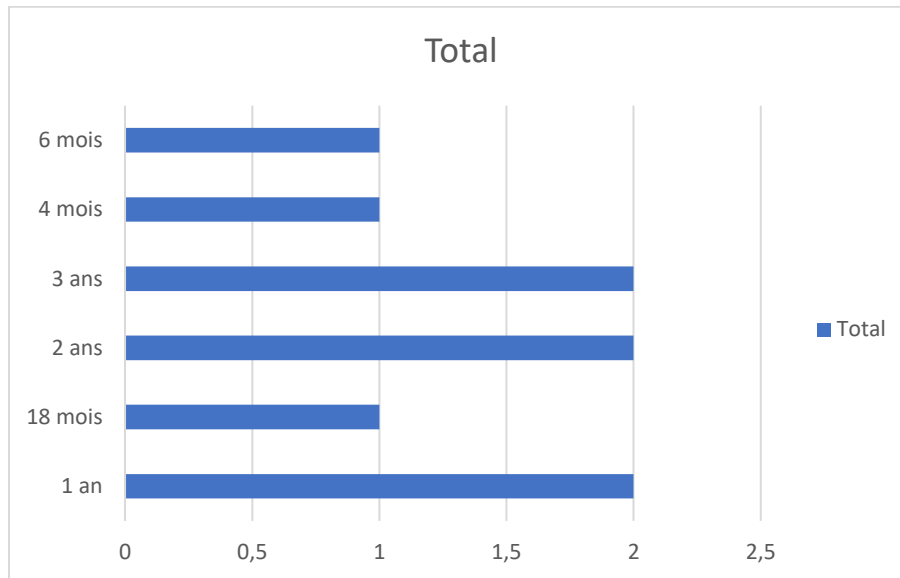


Figure 10: Répartition selon la durée d'étude

La diversité des durées témoigne à la fois de la complexité de l'écosystème du chêne-liège et de la variété des approches méthodologiques utilisées par les chercheurs en Algérie. Elle souligne également le besoin de programmes de recherche à long terme pour suivre l'évolution de cette espèce face aux enjeux climatiques et anthropiques.

2.4 La répartition selon la nature de zone d'étude sur le chêne-liège en Algérie

La figure 11 illustre Répartition selon la nature de zone d'étude . La forêt naturelle constitue la catégorie la plus représentée dans la zone d'étude, avec un total d'environ cinq unités, ce qui souligne que la majeure partie du territoire est encore largement couverte par des écosystèmes forestiers préservés. En parallèle, les plantations occupent une part notable avec environ trois unités, indiquant que certaines zones ont été aménagées pour la production ou la gestion forestière. La forêt dégradée, quant à elle, couvre environ deux unités, ce qui révèle la présence de secteurs affectés négativement, probablement à cause d'activités humaines telles que la déforestation ou de facteurs environnementaux défavorables. Enfin, la forêt mixte est la catégorie la moins représentée, avec seulement environ une unité, ce qui montre que les espaces où coexistent le chêne-liège et d'autres espèces sont relativement rares dans cette zone, témoignant d'une diversité végétale limitée dans ce type d'habitat.

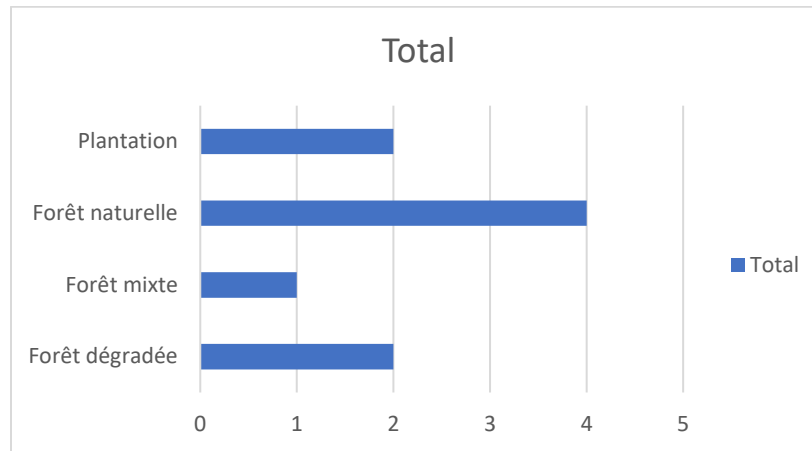


Figure 11: Répartition selon la nature de zone d'étude

La prédominance de la forêt naturelle suggère que les zones d'étude sont majoritairement non perturbées ou gérées de manière durable.

La présence significative de plantations pourrait indiquer des efforts de reboisement ou une gestion forestière active.

Les forêts dégradées révèlent les zones qui ont subi des pressions, probablement dues à la déforestation, aux incendies, au surpâturage ou à d'autres activités humaines.

La faible proportion de forêts mixtes pourrait s'expliquer par les conditions écologiques spécifiques favorisant le développement de forêts monospécifiques de chêne-liège.

Discussion

3.1 État phytosanitaire des forêts de chêne-liège

○ Maladies fongiques : *Phytophthora cinnamomi*

Les maladies fongiques représentent une menace phytosanitaire majeure pour les forêts de chêne-liège en Algérie. Parmi les champignons pathogènes, *Phytophthora cinnamomi* est l'un des plus agressifs et les plus largement documentés. Ce champignon tellurique attaque principalement le système racinaire, entraînant des symptômes de flétrissement, de chlorose, de nécrose racinaire et parfois la mort de l'arbre. Son développement est favorisé par des sols compacts, mal drainés et acides, ainsi que par des périodes prolongées d'humidité (Bouhraoua, 2010).

Outre *Phytophthora cinnamomi*, d'autres agents pathogènes comme *Armillaria mellea* et des espèces du genre *Rosellinia* peuvent coloniser les racines mortes ou affaiblies, aggravant les effets

du stress hydrique et de la déforestation. Le développement de ces champignons est souvent associé à des perturbations anthropiques, telles que la coupe excessive, le pâturage incontrôlé et les incendies fréquents, qui affaiblissent l'écosystème forestier et facilitent l'installation des agents pathogènes (Benabadji, 2017 ; Messaoudene, 2015).

Des études récentes ont également souligné l'impact potentiel du changement climatique sur la virulence de ces maladies. En effet, les périodes de sécheresse prolongées suivies de pluies abondantes créent des conditions idéales pour la germination des spores et la diffusion des champignons pathogènes dans le sol (Djellouli *et al.*, 2019).

Une gestion durable exige donc une surveillance phytosanitaire régulière, l'utilisation de techniques de bio-contrôle, et l'adoption de pratiques sylvicoles respectueuses des équilibres écologiques.



Figure 12:*Phytophthora cinnamomi* (Bouhraoua, 2010).

- **Ravageurs :** *Coraebus undatus*, processionnaires, autres insectes nuisibles
 - *Coraebus undatus*

Ce coléoptère xylophage est l'un des principaux ravageurs du chêne-liège en méditerranée. Les larves creusent des galeries sous l'écorce, altérant la qualité du liège et provoquant un

affaiblissement général de l'arbre. Les attaques sont souvent plus graves dans les forêts surexploitées ou affaiblies par d'autres facteurs (**Bouhraoua, 2010**).

- **Processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*)**

Bien que préférant les pins, cette chenille peut occasionnellement s'attaquer au chêne-liège. Elle provoque une défoliation partielle ou totale, réduisant la photosynthèse et fragilisant les arbres. Son cycle est accentué par les hivers doux et les printemps précoces (**Benslama et al., 2020**).

- ***Lymantria dispar* (le bombyx disparate)**

Ce papillon peut provoquer des défoliations massives, notamment chez les jeunes arbres. Ses pullulations sont cycliques et souvent associées à des épisodes de sécheresse (**Djellouli et al., 2019**).

- **Autres insectes nuisibles**

On recense également des scolytes, notamment *Xyleborus dispar*, qui attaquent les bois affaiblis ou fraîchement coupés, contribuant à la dissémination de champignons pathogènes secondaires (**Messaoudene, 2015**).

- **Espèces exotiques envahissantes**

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) représentent une menace croissante pour les écosystèmes de chêne-liège en Algérie. Introduites intentionnellement ou accidentellement, ces espèces perturbent les équilibres écologiques, concurrencent la flore et la faune locales, modifient la structure des peuplements forestiers et réduisent la résilience des forêts face aux changements climatiques.

Parmi les plantes envahissantes, *Acacia mearnsii* et *Opuntia ficus-indica* sont particulièrement problématiques. *Acacia mearnsii*, originaire d'Australie, est une espèce pionnière très compétitive qui s'implante facilement dans les clairières ou les zones dégradées. Elle acidifie le sol, inhibe la germination des espèces indigènes, et modifie la composition floristique locale (**Benabadji, 2017**).

Quant au figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), son expansion est facilitée par le surpâturage

et les incendies répétés. Il forme des massifs denses qui empêchent la régénération naturelle du chêne-liège (Djellouli *et al.*, 2019).

Du côté de la faune, certaines espèces introduites comme le rat surmulot (*Rattus norvegicus*) peuvent affecter la régénération naturelle par la prédation des glands. Les escargots exotiques et certains invertébrés du sol altèrent également les micro-habitats forestiers (Benslama *et al.*, 2020).

La lutte contre ces espèces nécessite une approche intégrée combinant la surveillance, l'éradication mécanique ou biologique, et la restauration des habitats forestiers indigènes. Toutefois, les politiques de contrôle manquent souvent de coordination et de suivi à long terme (Messaoudene, 2015).

3.1.1 Pressions abiotiques

○ Sécheresse prolongée, effets du changement climatique

Le chêne-liège, espèce typiquement méditerranéenne, est fortement affecté par l'intensification des conditions climatiques extrêmes observées ces dernières décennies en Algérie. La sécheresse prolongée constitue l'un des principaux facteurs abiotiques menaçant la santé et la régénération naturelle de ces peuplements. Ce stress hydrique chronique entraîne une réduction significative du taux de croissance des arbres, une baisse de la production de liège et une augmentation de la mortalité, notamment chez les jeunes plants (Bouhraoua, 2010). En période de sécheresse sévère, la photosynthèse est réduite, et les arbres deviennent plus vulnérables aux attaques de ravageurs et aux maladies fongiques, notamment dans les zones où les précipitations sont devenues très irrégulières (Benabadji *et al.*, 2020).

Le réchauffement climatique global accentue ces effets, modifiant les régimes thermiques et hydriques dans les régions forestières du nord de l'Algérie. Les projections indiquent une tendance à la migration des peuplements vers des altitudes plus élevées, ce qui risque d'entraîner une contraction de leur aire de distribution actuelle (Zerrouki, 2021). De plus, la variabilité interannuelle des précipitations, caractéristique du climat méditerranéen, entrave la régénération du chêne-liège, notamment en l'absence de stratégies de reboisement adaptées (Djellouli *et al.*, 2019).

Tableau 3: Facteurs abiotique et ses effets observés sur le chêne-liège

Facteurs abiotiques	Effets observés sur le chêne-liège	Références
Sécheresse prolongée	- Diminution du taux de croissance - Réduction de la production de liège - Augmentation de la mortalité des jeunes plants	(Bouhraoua, 2010)
Vagues de chaleur récurrentes	- Stress hydrique accru - Baisse de la photosynthèse - Vulnérabilité accrue aux maladies fongiques et ravageurs	(Benabadji <i>et al.</i> , 2020)
Variabilité interannuelle des précipitations	- Difficultés de régénération naturelle - Perte de biodiversité associée	(Djellouli <i>et al.</i> , 2019)
Réchauffement climatique global	- Déplacement altitudinal potentiel des peuplements - Modification des zones de distribution optimale	(Zerrouki, 2021)

○ **Incendies de forêt : causes, fréquence, superficie touchée.**

Les incendies de forêt constituent l'une des menaces majeures pour les peuplements de chêne-liège en Algérie. Ils sont particulièrement fréquents durant la saison estivale, période marquée par des températures élevées et une faible humidité relative (Bouhraoua, 2010).

Les principales causes identifiées sont d'origine anthropique : négligence (feux agricoles mal maîtrisés), actes de malveillance, ou imprudence des promeneurs (Aounallah *et al.*, 2018).

La fréquence des feux a fortement augmenté ces deux dernières décennies, notamment dans les wilayas de Tizi-Ouzou, Béjaïa, Skikda et El-Tarf, avec des milliers d'hectares détruits chaque année (Riahi, 2021).

Les superficies touchées varient, mais certaines campagnes ont enregistré plus de 40 000 ha de forêts brûlées en une seule saison, dont une part importante de chênaies (Hamidi *et al.*, 2020).



Figure 13: Incendies de forêt (Hamidi et al., 2020)

- **Activités humaines : défrichements, surpâturage, exploitation illégale**

Les forêts de chêne-liège en Algérie subissent une pression croissante liée aux activités humaines. Le défrichement constitue l'un des facteurs majeurs de régression des formations forestières. Cette pratique est souvent motivée par le besoin d'étendre les surfaces agricoles ou de répondre à des projets d'urbanisation, notamment dans les zones montagneuses de la région Nord-Est. Elle entraîne une réduction significative de la superficie forestière, affectant la biodiversité locale et les fonctions écosystémiques des forêts (Chehat, 2017).

Le surpâturage, quant à lui, affecte la régénération naturelle des peuplements de chêne-liège. Le pâturage intensif par les troupeaux, en particulier les caprins, endommage les jeunes plants et favorise la compaction du sol, réduisant ainsi sa capacité à retenir l'eau et à permettre le développement racinaire. Cette pression est exacerbée dans certaines régions comme El Tarf, Guelma ou Souk Ahras, où l'élevage extensif est pratiqué depuis des générations (Boussaïd et al., 2020).

Par ailleurs, l'exploitation illégale du bois et du liège constitue une menace directe pour la durabilité de ces écosystèmes. Les prélèvements non contrôlés affaiblissent les arbres, les rendant

plus vulnérables aux maladies et aux ravageurs. Cette exploitation s'accompagne souvent de pratiques destructrices telles que la coupe abusive de branches ou l'arrachage des écorces, sans respecter les délais de régénération du liège (Zerrouki, 2021). La conjonction de ces pratiques, souvent encouragée par l'absence de contrôle et la pauvreté locale, met en péril la résilience écologique et économique de ces forêts.

3.1.2 Impacts sur les écosystèmes

- **Dépérissement et mortalité des arbres**

Le dépérissement des arbres, notamment des chênes-lièges, est un phénomène préoccupant qui touche de plus en plus les forêts algériennes. Il résulte de l'accumulation de facteurs biotiques et abiotiques, tels que les maladies fongiques, les ravageurs et les stress environnementaux. Le principal facteur biotique identifié est l'attaque de pathogènes comme *Phytophthora cinnamomi*, responsable du dépérissement des racines et de la dégradation progressive des arbres (Aounallah et al., 2018). Les ravageurs, tels que le *Coraebus undatus*, un insecte xylophage, contribuent également au dépérissement en perturbant les tissus ligneux et en affaiblissant les arbres (Chehat, 2017).

Les conditions abiotiques, telles que la sécheresse prolongée et les extrêmes climatiques, agissent également comme des facteurs déclencheurs du dépérissement. La variabilité climatique accrue, combinée à une baisse des précipitations et à une élévation des températures, entraîne une réduction de la vigueur des arbres et une altération de leur capacité à résister aux agressions externes (Bouhraoua, 2010). La combinaison de ces facteurs conduit à un affaiblissement progressif des forêts, augmentant ainsi le taux de mortalité des arbres adultes et réduisant leur capacité à se régénérer.

Les forêts de chêne-liège, étant une ressource essentielle pour la biodiversité et l'économie locale, subissent des pertes importantes en termes de superficie et de biodiversité associée. La mortalité des arbres résulte de ce processus de dépérissement, affectant non seulement le stock de liège mais aussi l'habitat de nombreuses espèces animales et végétales spécifiques à cet écosystème (Riahi, 2021).

- **Difficultés de régénération naturelle**

La régénération naturelle des forêts de chêne-liège en Algérie rencontre plusieurs difficultés majeures, principalement liées à des facteurs abiotiques et biotiques. Les jeunes plants de chêne-liège sont sensibles à une série de contraintes environnementales, telles que les conditions de sécheresse et la compaction du sol, souvent exacerbées par des pratiques anthropiques comme le surpâturage. L'herbivore surabondant, notamment les chèvres et les moutons, endommage les jeunes pousses et empêche leur développement (**Boussaïd et al., 2020**).

Les maladies fongiques et l'attaque de ravageurs, compliquent davantage la régénération naturelle. Ces agents pathogènes affaiblissent les semis et jeunes arbres, rendant leur survie plus incertaine dans les conditions actuelles de stress écologique. Les perturbations climatiques, en particulier les températures élevées et les sécheresses prolongées, altèrent également les cycles de germination, rendant la régénération du chêne-liège plus difficile (**Zerrouki, 2021**).

La fragmentation des habitats due à l'urbanisation et au défrichement des terres agricoles réduit les zones propices à la régénération naturelle, créant ainsi un cercle vicieux où la perte de superficie forestière affecte la capacité de la forêt à se renouveler. Il est donc nécessaire de mettre en place des stratégies de gestion durable pour favoriser cette régénération (**Chehat, 2017**).

- **Dégradation de la structure forestière et perte de biodiversité**

La dégradation de la structure forestière en Algérie résulte de divers facteurs, principalement des pressures anthropiques et des changements climatiques. Cette dégradation se manifeste par la perte d'arbres adultes, qui constitue un bouleversement important pour la biodiversité forestière. La perte de ces arbres entraîne une diminution des habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales. Le défrichement, le surpâturage, et l'exploitation illégale du bois compromettent l'équilibre de la structure forestière, perturbant les dynamiques écologiques des forêts de chêne-liège (**Boussaïd et al., 2020**).

Les changements climatiques jouent également un rôle important, affectant les conditions écologiques qui soutiennent la biodiversité. Les périodes de chaleur excessive, les incendies fréquents, et les sécheresses prolongées fragilisent les écosystèmes forestiers, ce qui accélère la perte de biodiversité. Les espèces endommagées par ces conditions ont moins de chances de se

reproduire, ce qui entraîne une réduction des populations et parfois l'extinction locale de certaines espèces. Les insectes xylophages, jouent également un rôle crucial dans la dégradation des forêts en détruisant les arbres et en facilitant l'attaque de pathogènes (Aounallah *et al.*, 2018).

Cette dégradation de la structure forestière et la perte de biodiversité mettent en péril la fonction écologique des forêts de chêne-liège, qui joue un rôle crucial dans la conservation des sols, la régulation de l'eau et la séquestration du carbone. L'urgence de mettre en place des stratégies de conservation devient de plus en plus évidente (Zerrouki, 2021).

3.2 Stratégies de conservation et de gestion durable

3.2.1 Initiatives nationales

- **Programmes de reboisement et projets de restauration écologique**

L'Algérie a engagé plusieurs programmes de reboisement et de restauration des écosystèmes forestiers, en réponse à la dégradation continue des forêts causée par les incendies, le surpâturage, et les changements climatiques. Le Plan National de Reboisement (PNR), lancé en 2000, visait à restaurer cinq millions d'hectares de terres forestières, incluant des zones de chênaie-liège, particulièrement dans les régions de la Kabylie, de l'Edough et d'El Tarf (Meddour, 2004).

Ces initiatives comprennent :

- La régénération naturelle assistée, qui favorise le retour des essences autochtones comme *Quercus suber* (Benabadji, 2001).
- Des actions de reboisement ciblées, utilisant des plants issus de pépinières forestières locales pour maintenir la diversité génétique (DGF, 2013).
- L'intégration des populations locales par le biais de programmes de sensibilisation et de création d'emplois verts (Khelifa, 2015).

Ces projets visent non seulement la restauration écologique mais aussi le développement durable des zones rurales, en intégrant les dimensions économiques, sociales et environnementales.

○ Cadres réglementaires : Code forestier, aires protégées, plans d'action

Le cadre juridique et institutionnel algérien est fondé sur plusieurs textes législatifs et stratégiques destinés à encadrer la gestion des ressources forestières :

- Le Code forestier (loi n° 84-12, modifiée en 2000) organise la protection, l'exploitation et la conservation des forêts, en posant des règles strictes contre l'exploitation illicite et en promouvant des pratiques durables (**Rebbas, 2006**).
- La loi n° 11-02 relative aux aires protégées permet la création de parcs nationaux et de réserves naturelles. Le Parc national d'El Kala, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO, représente un exemple notable de protection de la forêt de chêne-liège (**Bensaid, 2012**).



Figure 14: Le Parc national d'El Kala (Bensaid, 2012).

- Le Plan d'Action National pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD), actualisé en 2012, accorde une place importante à la conservation des écosystèmes forestiers méditerranéens (**Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2012**).
- En parallèle, le Programme National de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD) vise à restaurer la productivité des terres dégradées et à protéger les zones sensibles à l'érosion et à la sécheresse, y compris les massifs à chêne-liège (**FAO, 2011**).

3.2.2 Méthodes de conservation in situ et ex situ

○ Gestion des ravageurs et des maladies

La gestion des ennemis des forêts de chêne-liège est un enjeu majeur de conservation. Parmi les ravageurs les plus fréquents figurent les insectes xylophages comme le coléoptère *Platypus cylindrus*, ainsi que certaines espèces de champignons pathogènes comme *Armillaria mellea*.

- Les stratégies de gestion incluent la surveillance phytosanitaire régulière, la lutte biologique (introduction de prédateurs naturels), et l'usage modéré de produits phytosanitaires autorisés (Aissiou *et al.*, 2017).
- Des études ont également préconisé la rotation des coupes de liège et l'évacuation rapide du bois mort, afin de limiter les foyers d'infestation (Benbrahim, 2004).

1.1 Prévention et lutte contre les incendies

Les incendies représentent l'une des principales menaces pour les forêts de chêne-liège en Algérie. Le climat méditerranéen, combiné à la négligence humaine et à des actes volontaires, favorise la multiplication des foyers.

- Le Plan National de Protection des Forêts contre les Incendies (PNPFI) coordonné par la DGF, prévoit chaque année un dispositif de veille, de détection et d'intervention rapide (DGF, 2020).
- Les méthodes incluent :
 - Le **pare-feu** et le débroussaillage périodique,
 - La **création de pistes forestières** pour l'accès aux zones sensibles,
 - L'**implication des populations locales** dans des comités de surveillance (Allache, 2019).
- **Conservation génétique**

La conservation génétique du chêne-liège est essentielle pour garantir sa résilience face aux changements environnementaux.

- Les pépinières forestières en Algérie, comme celles d'El Tarf, produisent des plants issus de graines sélectionnées localement pour conserver les traits adaptatifs régionaux (**Meddour-Sahar et al., 2010**).
- La banque nationale de semences forestières, gérée par l'Institut National de Recherche Forestière (INRF), conserve des lots de semences de *Quercus suber* récoltés dans différents biotopes (**INRF, 2015**).
- Des efforts sont également entrepris pour la caractérisation génétique des populations locales et la sélection de génotypes résistants aux stress abiotiques (**Touazi et al., 2016**).

3.2.3 Implication des acteurs locaux

○ Rôle des communautés locales, des ONG et des collectivités territoriales

La participation des acteurs locaux est essentielle pour assurer la durabilité des actions de conservation des forêts de chêne-liège. En Algérie, les communautés rurales, les ONG environnementales et les collectivités territoriales jouent un rôle croissant dans la gestion intégrée des écosystèmes forestiers.

- Les collectivités locales participent à l'identification des zones prioritaires à restaurer, à la création de micro-projets locaux et à la gestion des aires protégées (**Kadi, 2018**).
- Des ONG environnementales, telles que l'Association Ecoplus ou l'Association pour la Sauvegarde de la Nature d'El Tarf, mènent des actions de sensibilisation, de reboisement participatif et de suivi écologique communautaire (**Hamdi, 2015**).
- Les populations locales interviennent dans l'entretien des pare-feux, la collecte de semences, et la surveillance des feux de forêts (**Ait Hammou, 2016**). Leur proximité avec les milieux naturels en fait des alliés incontournables.

○ Approches participatives et intégration des savoirs traditionnels

Les approches participatives reposent sur la reconnaissance et l'intégration des savoirs écologiques locaux, en complément des connaissances scientifiques.

- Les pratiques traditionnelles comme la gestion pastorale rotative, les techniques de régénération naturelle et les usages coutumiers des produits forestiers non ligneux (liège, glands, plantes médicinales) sont valorisées dans les projets de cogestion (**Mebarki, 2014**).
- Des projets pilotes menés dans les régions de Tizi-Ouzou et El Kala ont démontré l'efficacité d'une gouvernance partagée entre services forestiers, élus locaux et usagers de la forêt (**Saidi et al., 2017**).
- L'éducation environnementale rurale, soutenue par les institutions scolaires et les associations locales, contribue également à transmettre ces savoirs aux jeunes générations (**Bouterfas, 2013**).

3.2.4 Limites des stratégies actuelles

○ Manque de financement et d'équipement

Le manque de ressources financières constitue l'un des principaux freins à la mise en œuvre efficace des stratégies de conservation du chêne-liège en Algérie. Cette contrainte budgétaire affecte tous les niveaux de la chaîne de gestion forestière, depuis la planification des actions jusqu'à leur exécution sur le terrain.

Les projets de restauration écologique, de reboisement et de lutte contre les maladies phytosanitaires sont souvent sous-financés. Ce déficit compromet non seulement l'acquisition d'équipements spécialisés (drones pour la surveillance, stations météo, capteurs de stress hydrique), mais aussi la formation et la mobilisation de personnel qualifié, tels que les ingénieurs forestiers, les écologues ou les agents de terrain (**Zerarka et al., 2019**).

Dans plusieurs wilayas forestières, les directions locales peinent à entretenir les infrastructures essentielles comme les pistes coupe-feu, les tours de guet ou les points d'eau stratégiques pour le ravitaillement des camions-citernes. Le renouvellement du parc de véhicules, souvent vétuste, reste marginal faute de moyens suffisants (**Saidi, 2020**). Cette situation nuit gravement à la rapidité d'intervention lors des feux de forêt, qui représentent l'une des principales menaces pour les peuplements de chêne-liège.

De plus, le manque de fonds entrave la mise en œuvre de programmes de sensibilisation auprès des populations locales et l'intégration des communautés rurales dans les efforts de conservation, alors que leur implication est cruciale pour la réussite des actions sur le long terme.

Les financements alloués à la recherche scientifique sur le chêne-liège restent limités, réduisant les capacités de suivi phytosanitaire, de caractérisation génétique des peuplements et de développement de techniques innovantes de restauration écologique.

○ **Faible application des réglementations**

Bien que l'Algérie dispose d'un arsenal juridique relativement solide en matière de protection forestière notamment à travers le Code forestier (loi n° 84-12), complété par des textes spécifiques sur les aires protégées, la biodiversité, et la lutte contre la désertification l'application de ces réglementations sur le terrain reste largement déficiente.

Les infractions telles que la coupe illégale de bois, le pâturage abusif dans les zones de régénération, l'occupation illégale des terres forestières ou encore les constructions anarchiques en milieu forestier, persistent avec une fréquence inquiétante. Ces actes sont rarement détectés à temps et encore plus rarement sanctionnés, ce qui alimente un sentiment d'impunité et affaiblit l'efficacité des mesures de conservation (**Benseghir, 2016**).

Plusieurs facteurs expliquent cette faible mise en œuvre (**Kheloui et al., 2017**) :

- **Manque de moyens humains et techniques** : Les services forestiers souffrent d'un déficit chronique de personnel. Un même agent peut être chargé de surveiller des centaines d'hectares, rendant toute supervision systématique impossible.
- **Insuffisance de la formation continue** : Les agents forestiers ne bénéficient que rarement de sessions de formation sur les évolutions légales, les techniques de contrôle modernes (utilisation du GPS, drones, outils SIG) ou les méthodes de médiation avec les communautés rurales.
- **Lenteur et complexité des procédures judiciaires** : Les infractions constatées prennent souvent du temps à être traitées par la justice, ce qui décourage les agents à dresser des procès-verbaux, surtout en l'absence d'appui institutionnel fort.

- **Manque de coordination intersectorielle** : L'absence de collaboration entre les services des forêts, les collectivités locales et les forces de sécurité rend difficile le suivi des infractions, surtout dans les zones reculées.

Cette situation contribue à la dégradation continue des forêts de chêne-liège, qui subissent de multiples pressions sans mécanismes de dissuasion efficaces. Pour inverser cette tendance, il est impératif de renforcer les capacités institutionnelles, de moderniser les outils de contrôle, et de sensibiliser les populations à la valeur écologique et économique du chêne-liège.

- **Absence de coordination intersectorielle et besoin d'un suivi scientifique renforcé.**

Les politiques de conservation du chêne-liège en Algérie pâtissent d'un manque de coordination entre les différents secteurs impliqués, tels que les directions des forêts, les services agricoles, les institutions environnementales, les collectivités territoriales et les centres de recherche. Chacun de ces acteurs intervient selon ses propres priorités, souvent sans concertation ni mécanismes de gouvernance partagée (Messaoudene *et al.*, 2018).

Cette fragmentation institutionnelle engendre des chevauchements de responsabilités, des doublons dans les actions, voire des contradictions dans les usages du sol (par exemple, entre les objectifs agricoles et forestiers), ce qui nuit à l'élaboration de stratégies territoriales intégrées et durables. L'absence de plateformes de dialogue intersectorielles limite la planification conjointe des actions, la mutualisation des ressources et la gestion cohérente des espaces forestiers.

Par ailleurs, les efforts de conservation sont sérieusement entravés par le déficit de données actualisées et de systèmes d'information fiables sur l'état des forêts. De nombreuses zones forestières ne disposent pas de cartographies écologiques précises, ni de bases de données géoréférencées sur la biodiversité, les sols, ou les risques phytosanitaires (Zerrouki *et al.*, 2021).

Le manque de suivi scientifique longitudinal des dynamiques forestières (régénération naturelle, mortalité des arbres, changements climatiques) empêche une évaluation rigoureuse de l'impact des politiques mises en œuvre et limite la capacité d'adaptation des stratégies de gestion. En l'absence de ces données, les prises de décision restent largement empiriques et ponctuelles.

Pour répondre à ces défis, il serait essentiel de (Zerrouki *et al.*, 2021):

- Mettre en place un cadre de gouvernance multisectoriel favorisant l'intégration des politiques forestières, agricoles et environnementales ;
- Développer un système national de suivi écologique, appuyé sur les technologies de télédétection, les systèmes d'information géographique (SIG), et la mobilisation des universités et instituts de recherche spécialisés ;
- Renforcer la transparence et le partage des données entre les institutions concernées.

3.3 Perspectives et recommandations

3.3.1 Renforcement de la surveillance phytosanitaire

- **Systèmes d'alerte précoce, cartographie des foyers, formation continue**

La mise en place d'un système efficace de surveillance phytosanitaire constitue une priorité pour la préservation du chêne-liège face aux ravageurs, maladies et effets du changement climatique.

- Les systèmes d'alerte précoce permettent d'intervenir rapidement dès l'apparition d'un foyer pathogène, réduisant ainsi les pertes et la propagation. Leur efficacité repose sur des réseaux de veille forestière, des bases de données partagées et des procédures d'intervention rapide (**Chemseddine et al., 2020**).
- La cartographie des foyers de maladies et d'infestations via les outils SIG (Systèmes d'information géographique) et la télédétection est utilisée pour visualiser les zones à risque, planifier les traitements et évaluer la dynamique des atteintes (**Benhalima et al., 2018**).
- La formation continue des agents forestiers et des techniciens locaux sur les pathogènes émergents (champignons, insectes foreurs, bactéries) est cruciale pour un diagnostic précoce et une réponse adaptée. Des sessions pratiques sont organisées régulièrement par l'INRF et les universités en collaboration avec les DFD (**Boussaïd, 2021**).

3.3.2 Approche écosystémique intégrée

- **Intégration de la gestion forestière dans les politiques climatiques**

Une gestion forestière intégrée dans les politiques climatiques est essentielle pour atténuer les effets du changement climatique sur les forêts de chêne-liège et autres écosystèmes forestiers. Les forêts jouent un rôle crucial dans le stockage du carbone, contribuant ainsi à la régulation des gaz à effet de serre et à la modulation du climat. Elles agissent comme puits de carbone en absorbant le dioxyde de carbone de l'atmosphère et en régulant les cycles de l'eau, de l'humidité et de la température.

L'Algérie a pris des engagements dans le cadre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre et préserver ses écosystèmes forestiers. Ces engagements sont traduits par la Stratégie Nationale de Lutte contre le Changement Climatique (SNLCC), qui intègre les forêts comme un élément clé de la réponse nationale aux défis climatiques. La gestion durable des forêts, en particulier celles de chêne-liège, est donc perçue comme une solution pour atténuer les impacts du changement climatique, en réduisant les risques d'incendies, de désertification et de perte de biodiversité (**Fellah *et al.*, 2019**).

Parallèlement, des plans d'adaptation ont été élaborés pour renforcer la résilience des forêts de chêne-liège face aux menaces croissantes liées au climat, telles que les sécheresses prolongées, les vagues de chaleur et les incendies de forêt. Ces plans visent à adapter les pratiques sylvicoles aux nouvelles conditions climatiques, notamment en modifiant les techniques de gestion de la régénération, en favorisant la diversification des essences forestières, et en prévoyant des stratégies d'irrigation et de gestion de l'eau adaptées à la réalité climatique (**Khemira *et al.*, 2018**).

Des efforts sont également déployés pour renforcer la surveillance et la gestion intégrée des risques liés aux phénomènes climatiques extrêmes. L'utilisation des technologies de télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) permet de mieux comprendre l'évolution des écosystèmes forestiers et de planifier des interventions ciblées pour limiter les pertes et restaurer les zones dégradées.

La sensibilisation des communautés locales et la formation des gestionnaires forestiers jouent un rôle essentiel dans l'adoption de pratiques respectueuses du climat et dans la mise en œuvre de politiques forestières durables qui contribuent à la fois à la conservation de la biodiversité et à la lutte contre le changement climatique.

3.3.3 Valorisation durable des ressources : liège, mycélium, plantes aromatiques

La valorisation des ressources forestières non ligneuses (RLNL) représente une opportunité stratégique pour diversifier les sources de revenus des communautés locales tout en soutenant la durabilité écologique des forêts de chêne-liège. Ces ressources jouent un rôle clé dans la réduction de la pression sur la coupe du bois, contribuant ainsi à la conservation des écosystèmes forestiers tout en offrant des alternatives économiques viables.

Le liège, produit principal des forêts de chêne-liège, constitue une ressource renouvelable précieuse. Sa récolte, lorsqu'elle est pratiquée de manière raisonnée, n'affecte pas la régénération naturelle de l'arbre et peut se faire tous les 9 à 12 ans. Le liège algérien a ainsi un potentiel de valorisation importante pour l'industrie du bouchon, ainsi que dans d'autres secteurs comme l'ameublement et l'isolation. Des programmes de certification et de traçabilité ont été récemment lancés afin de répondre aux exigences des marchés internationaux, garantissant la qualité et la durabilité du produit. Ces initiatives visent à renforcer la compétitivité du liège algérien tout en encourageant des pratiques de gestion forestière durable (**Fathallah, 2017**).

Le mycélium, bien que peu exploité jusqu'à présent en Algérie, représente une ressource prometteuse. Sa culture permet la production de champignons comestibles et médicinaux, qui sont de plus en plus recherchés sur les marchés locaux et internationaux pour leurs vertus nutritionnelles et thérapeutiques. De plus, la culture du mycélium est particulièrement adaptée aux milieux forestiers, favorisant ainsi la diversité biologique et la régénération des sols forestiers. Sa culture pourrait ainsi devenir un moteur économique pour les communautés rurales, en plus de contribuer à la préservation des forêts (**Bouaziz et al., 2020**).

La culture de plantes aromatiques telles que la lavande et le romarin dans les zones de forêt de chêne-liège constitue une alternative durable pour renforcer la résilience économique des zones rurales. Ces plantes, en plus de leurs applications pharmaceutiques et cosmétiques, peuvent être

utilisées pour la production d'huiles essentielles, qui connaissent une demande croissante sur les marchés mondiaux. L'introduction de ces cultures dans les forêts de chêne-liège permet de diversifier les revenus tout en préservant l'équilibre écologique, car elles nécessitent peu de traitements chimiques et s'intègrent harmonieusement dans le paysage forestier (**Boudjenoui et al., 2016**).

La valorisation des RLNL dans les forêts de chêne-liège représente une voie stratégique pour la conservation des écosystèmes, tout en offrant des opportunités économiques aux populations locales. L'intégration de ces ressources dans des stratégies de gestion durable pourrait non seulement garantir la rentabilité à long terme des forêts, mais aussi renforcer leur rôle en tant que puits de carbone et réservoirs de biodiversité.

3.3.4 Appui à la recherche et à l'innovation

- **Études sur la résilience du chêne-liège et sélection de géotypes résistants**

La recherche sur la résilience des forêts de chêne-liège est essentielle pour mieux comprendre l'impact des divers stress environnementaux, tels que le changement climatique, les maladies et les ravageurs, et pour développer des solutions adaptées face à ces défis. Le chêne-liège, en tant qu'espèce clé des écosystèmes méditerranéens, joue un rôle primordial dans la biodiversité et la fixation du carbone. Toutefois, il est de plus en plus exposé à des conditions climatiques extrêmes, telles que les sécheresses prolongées, les vagues de chaleur et l'augmentation de l'incidence des incendies, qui menacent sa santé et sa pérennité.

Des études génétiques sont menées pour identifier les géotypes de chêne-liège ayant une meilleure résistance aux conditions de sécheresse et aux ravageurs. Ces recherches visent à comprendre les mécanismes de défense du chêne-liège et à repérer les traits génétiques favorisant la résilience face à ces facteurs de stress. En identifiant les individus les plus robustes, il devient possible de guider la sélection de plants adaptés aux nouvelles conditions environnementales, favorisant ainsi une gestion forestière durable. Ces géotypes résistants sont conçus pour mieux supporter les variations climatiques et limiter les impacts négatifs des ravageurs, ce qui contribue à renforcer la stabilité des forêts de chêne-liège sur le long terme (**Ghouil, 2019**).

L'Institut National de Recherche Forestière (INRF), en collaboration avec plusieurs laboratoires universitaires et centres de recherche spécialisés, mène des études approfondies sur l'impact du stress hydrique et des maladies sur les peuplements de chêne-liège. Ces recherches visent à comprendre comment ces facteurs affectent la croissance, la mortalité et la productivité des arbres, ainsi qu'à déterminer les meilleures pratiques sylvicoles pour maintenir la santé des forêts. Par exemple, des expérimentations sur l'irrigation ciblée, la gestion des sols et la régénération naturelle sont explorées pour atténuer les effets des périodes de sécheresse prolongées et optimiser la résilience des peuplements face aux changements environnementaux (**Boudjema et al., 2021**).

Ces travaux permettent de développer des stratégies de gestion proactive basées sur des données scientifiques solides, en intégrant les résultats des recherches génétiques et écophysiologiques dans les pratiques sylvicoles. L'objectif est de garantir la pérennité des forêts de chêne-liège tout en maximisant leur capacité à jouer un rôle dans la lutte contre le changement climatique.

- **Suivi scientifique des impacts du changement climatique sur les peuplements.**

Le suivi scientifique est indispensable pour évaluer en temps réel les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers et orienter les politiques de gestion adaptées. En Algérie, des stations de suivi écologique ont été mises en place dans diverses régions afin de surveiller l'évolution des forêts de chêne-liège sous l'effet du réchauffement climatique et des sécheresses prolongées. Ces stations jouent un rôle clé dans la collecte de données essentielles pour comprendre l'impact du changement climatique sur la santé et la dynamique de ces écosystèmes. Elles enregistrent des informations sur la croissance des arbres, la composition floristique, et les évolutions phytosanitaires (**Fouad et al., 2017**).

Les données collectées à partir de ces stations sont utilisées pour dresser des bilans écologiques réguliers et pour identifier les tendances émergentes liées aux variations climatiques. Par exemple, elles permettent de mesurer les effets de la chaleur excessive, des modifications des précipitations, ou de l'augmentation de la fréquence des incendies sur les forêts de chêne-liège, afin de mieux anticiper les besoins de gestion adaptative.

Les modèles climatiques et écologiques sont développés pour prédire les impacts futurs du changement climatique sur ces forêts et pour élaborer des stratégies d'adaptation à long terme. Ces

modèles prennent en compte les données historiques et actuelles, en intégrant des variables climatiques et écologiques complexes, afin de simuler l'évolution des forêts de chêne-liège sous différents scénarios climatiques. L'objectif est de mieux comprendre les risques associés au changement climatique, d'optimiser les pratiques sylvicoles, et de guider les décisions politiques et environnementales pour assurer la pérennité des forêts à long terme (**Khelifi et al., 2020**).

Ces dispositifs de suivi et de modélisation offrent des outils précieux pour la gestion des forêts, permettant de renforcer leur résilience face aux pressions environnementales croissantes.

Conclusion

Conclusion

L'analyse de la dynamique de la recherche sur le chêne-liège en Algérie met en lumière des enjeux cruciaux à la fois sanitaires, écologiques et socio-économiques. Cette espèce emblématique des forêts méditerranéennes joue un rôle essentiel dans la préservation de la biodiversité, la lutte contre l'érosion, et la régulation climatique, tout en fournissant des ressources économiques importantes aux populations locales. Pourtant, elle reste menacée par des facteurs multiples tels que les incendies, la surexploitation, le changement climatique et la dégradation continue des habitats.

Si l'on observe un certain dynamisme scientifique ces dernières années, principalement porté par des articles académiques et des thèses universitaires, il subsiste un déséquilibre notable dans la nature des productions, avec une quasi-absence de rapports techniques ou opérationnels traduisant une faiblesse du lien entre la recherche scientifique et la gestion sur le terrain.

Cette situation souligne l'urgence de repenser la gouvernance des écosystèmes à chêne-liège en Algérie à travers une approche intégrée, participative et fondée sur des données scientifiques fiables. Il est indispensable d'impliquer tous les acteurs concernés chercheurs, gestionnaires, collectivités, ONG, et décideurs dans une démarche collaborative, afin de développer des stratégies de conservation durables, ancrées dans les réalités écologiques et socio-économiques locales. Seule une gestion fondée sur la science et la concertation permettra d'assurer la pérennité de cette ressource naturelle précieuse pour les générations futures.

*Les références
bibliographiques*

Les références bibliographiques

1. **Aounallah, A., Bouferrouk, A., et al. (2018).** Analyse des causes des incendies de forêt dans le Nord-Est algérien. *Revue Maghrébine de l'Environnement*, 12(1), 55–63.
2. **Aronson, J., Pereira, J. S., & Pausas, J. G. (2009).** *Cork Oak Woodlands on the Edge: Ecology, Adaptive Management, and Restoration*. Island Press.
3. **Benabadji, N. (2017).** Biodiversité et dépérissement du chêne-liège en Algérie. *Revue des Sciences de la Nature*, 14(1), 33–42.
4. **Benabadji, N., Bouazza, M., & Bounamous, A. (2017).** Étude de la structure et de la dynamique des subéraies algériennes dans un contexte de changement climatique. *Revue des Régions Arides*, 40(1), 87–96.
5. **Benabadji, N., Meghlaoui, M., et al. (2020).** Impacts du changement climatique sur les forêts méditerranéennes : cas du chêne-liège en Algérie. *Revue d'Écologie et Climatologie*, 18(2), 85–97.
6. **Bensaid, A. (2012).** La conservation de la biodiversité dans les parcs nationaux algériens : le cas d'El Kala. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 8(1), 45-59.
7. **Bensaid, A., Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2019).** Contribution à l'évaluation des services écosystémiques fournis par la subéraie algérienne. *Revue des Régions Arides*, 45, 12–24.
8. **Benslama, M., Bouderbala, M., Chérif, F., et al. (2020).** Impact des insectes défoliateurs sur la productivité forestière en Algérie. *Revue Algérienne d'Entomologie Forestière*, 3(1), 45–58.
9. **Bouhraoua, R. (2010).** Conséquences des feux de forêt sur la dynamique des écosystèmes de chêne-liège en Algérie. In *Colloque sur les écosystèmes forestiers vulnérables*, Université de Jijel, pp. 75–88.
10. **Bouhraoua, R. (2010).** Impact des maladies fongiques sur le chêne-liège en Algérie. In *Colloque sur la santé des forêts méditerranéennes*. Université de Jijel, pp. 55–68.
11. **Bouhraoua, R., Ghalem, M., & Benabadji, N. (2010).** Contribution à la connaissance de la subéraie algérienne. *Sécheresse*, 21(1), 63–68.
12. **Boussaïd, A., Mecheri, M., et al. (2020).** Impacts du pâturage sur la régénération naturelle dans les forêts de chêne-liège. *Revue des Écosystèmes Méditerranéens*, 9(3), 113–123.

Les références bibliographiques

13. **Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011).** Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(5), 278–286.
14. **Chehat, F. (2017).** L’impact des pratiques agricoles sur les milieux forestiers : cas des monts de Guelma. *Revue de Géographie et Développement Durable*, 4(2), 67–79.
15. **Costa, A., Pereira, H., & Madeira, M. (2010).** Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Annals of Forest Science*, 67(2), 204.
16. **Djellouli, M., et al. (2019).** Changements climatiques et pathogènes forestiers : interactions et impacts. *Revue Algérienne de Pathologie Végétale*, 7(2), 22–30.
17. **DGF (Direction Générale des Forêts). (2013).** Rapport sur le Plan National de Reboisement 2000–2013. Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural.
18. **DGF (Direction Générale des Forêts). (2022).** Statistiques forestières nationales 2021–2022. Ministère de l’Agriculture, Algérie.
19. **FAO. (2011).** Stratégie nationale de lutte contre la désertification en Algérie. Rome : Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture.
20. **FAO. (2013).** Les produits forestiers non ligneux dans les pays méditerranéens. FAO, Rome.
21. **FAO. (2020).** State of Mediterranean Forests 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Disponible en ligne sur : <https://www.fao.org>]
22. **Hamidi, L., Zitouni, T., et al. (2020).** Évaluation spatio-temporelle des incendies de forêt en Algérie. *Cahiers de l’Observatoire des Risques Naturels*, 3(1), 42–58.
23. **Khelifa, R. (2015).** Participation communautaire et gestion durable des forêts en Algérie. *Colloque national sur l’environnement rural*.
24. **Meddour, R. (2004).** La politique forestière algérienne face aux défis du changement climatique. *Annales de l’Institut National de Recherche Forestière*, 2(3), 17–25.
25. **Meddour-Sahar, O., Derridj, A., & Bouziane, A. (2017).** Les forêts de chêne-liège en Algérie : enjeux et perspectives. *Revue Forêt Méditerranéenne*, 38(1), 59–66.
26. **Meddour-Sahar, O., Derridj, A., & Duchemin, B. (2017).** Fire regime and vegetation response in cork oak ecosystems of Algeria. *Fire Ecology*, 13(3), 64–76. <https://doi.org/10.4996/fireecology.1303064>
27. **Messaoudene, M. (2015).** Les maladies racinaires dans les forêts algériennes : état des lieux et perspectives de lutte. *Annales de l’Institut National de Recherche Forestière*, 5(1), 15–28.

Les références bibliographiques

28. **Messaoudene, M., Aissat, M., & Della, G. M. (2015).** État des forêts de chêne-liège en Algérie : entre richesse écologique et menaces phytosanitaires. *Sécheresse*, 26(1), 7–13.
29. **Ouarmim, S., Kherchouche, D., & Meddour, R. (2020).** De la dégradation à la gestion durable des forêts de chêne-liège en Algérie. *Forêt Méditerranéenne*, 41(1), 47–55.
30. **Pausas, J. G., Pereira, J. S., & Aronson, J. (2009).** The tree. In Aronson et al. (Eds.), *Cork Oak Woodlands on the Edge* (pp. 11–19). Island Press.
31. **Riahi, M. (2021).** Tendances récentes des feux de forêt en Algérie : enjeux et perspectives. *Bulletin Climat et Forêts*, 5(2), 17–29.
32. **Sghaier, M., Ferchichi, H., & Gammar, M. (2022).** Gestion durable des subéraies en Afrique du Nord : contraintes et opportunités. *Revue Forestière Française*, 74(2), 205–218.
33. **Zerrouki, H. (2021).** Vulnérabilité des forêts algériennes face aux pressions anthropiques et climatiques. *Bulletin Forestier Méditerranéen*, 12(1), 33–48.