



REPUBLIC ALGERIAN DEMOCRATIC AND POPULAR
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJID EL TARF UNIVERSITY
كلية العلوم و الحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم علوم فلاحية
DEPARTMENT OF AGRONOMY SCIENCES



Mémoire de fin d'Etudes
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de master en

« **Ecologie Forestière** »

Thème

dépérissement du chêne liège (*Quercus suber*) dans la wilaya d'El
Tarf (2015-2025)

Présente par : **Harizi Marwa**

Soutenue publiquement le :

Devant le jury composé le :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Boutabia Lamia	PR	Université Chadli Bendjedid El- Tarf	Président
Aouadi Abdallah	MCB	Université Chadli Bendjedid El- Tarf	Directeur de mémoire
Ayaichia Fethi	MCB	Université Chadli Bendjedid El- Tarf	Co-Directeur de mémoire
Siaoune noureddine	MCB	Université Chadli Bendjedid El- Tarf	Examineur

REMERCIEMENTS

Nous remercions « Dieu » avant tout pour sa grâce qui nous a permis de compléter nos efforts en nous donnant santé, force et courage et en nous entourant de personnes merveilleuses que nous voulons remercier. Notre chef de formation Professeur Telailia Salah pour son soutien moral, sa minutie dans le travail, ses multiples conseils, orientations et disponibilité. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, Dr. Aouadi Abdallah, sur la médiation scientifique pour son savoir-faire, ses conseils, sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle il a suivi et dirigé ce travail. On tient aussi à remercier professeur Boutabia Lamia pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, ses conseils avisés et l'équipe de la conservation des forêts de la wilaya d'el tarf qui nous a aidé a réalisé ce travail Nous tenons à remercier les examinateurs d'avoir accepté d'examiner ce mémoire, et également pour sa disponibilité à notre égard. Tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour la qualité de l'enseignement et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre cheminement académique jusqu' à présent.

Je dédie ce mémoire :

À mes chères filles, qui sont ma plus grande source de bonheur, de motivation et d'espoir. Que ce travail leur montre que la persévérance et le courage permettent d'atteindre ses objectifs.

À toute ma famille, pour son soutien moral, sa confiance et ses encouragements.

À mes amis et collègues, qui m'ont accompagnée et soutenue durant cette période d'études.

À tous mes enseignants, qui ont contribué à ma formation et à l'acquisition de mes connaissances.

Enfin, à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Je dédie humblement ce travail

Résumé

Cette étude porte sur le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber L.*) dans la wilaya d'El Tarf, au nord-est de l'Algérie. Le chêne-liège représente une ressource forestière importante sur les plans écologique, économique et social grâce à la production de liège et à la préservation de la biodiversité. Le travail présente d'abord l'écologie, la répartition géographique, les exigences environnementales et les caractéristiques botaniques de cette espèce.

L'étude analyse ensuite les facteurs responsables du dépérissement forestier. Les facteurs abiotiques comprennent principalement les sécheresses répétées, l'augmentation des températures, la dégradation des sols et les incendies. Les facteurs biotiques concernent les champignons pathogènes et les insectes ravageurs qui profitent de l'affaiblissement des arbres.

Les résultats montrent une forte augmentation du dépérissement entre 2020 et 2022, particulièrement dans les forêts de Beni Salah, Brabita et Zitouna. Les analyses spatiales et les indices de végétation (NDVI) révèlent une dégradation progressive du couvert forestier. Les peuplements les plus âgés apparaissent plus vulnérables au dépérissement. L'étude conclut que le changement climatique, associé aux facteurs biologiques et anthropiques, constitue la principale cause de la dégradation des subéraies d'El Tarf. Elle recommande une gestion forestière adaptée, comprenant la réduction du stress des arbres, la surveillance phytosanitaire et la promotion de peuplements mixtes.

المخلص

تتناول هذه الدراسة ظاهرة تدهور وغبن أشجار البلوط الفليني (*Quercus suber*) في ولاية الطارف شمال شرق الجزائر. ويُعد البلوط الفليني مورداً غابوياً مهماً من الناحية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بفضل إنتاج الفلين ودوره في الحفاظ على التنوع البيولوجي.

استعرضت الدراسة الخصائص البيئية والنباتية للبلوط الفليني، وانتشاره الجغرافي ومتطلباته المناخية والتربوية. كما ركزت على العوامل المؤثرة في ظاهرة التدهور الغابي، والتي تنقسم إلى عوامل لا حيوية مثل الجفاف المتكرر وارتفاع درجات الحرارة وتدهور التربة والحرائق، وعوامل حيوية تشمل الفطريات الممرضة والحشرات الضارة.

أظهرت النتائج أن أعلى مستويات التدهور سُجلت بين سنتي 2020 و2022، خاصة في غابات بني صالح وزيتونة وبرابطة. كما بينت خرائط الغطاء النباتي وتحليل مؤشر NDVI تراجعاً ملحوظاً في كثافة الغطاء الغابي. وأوضحت الدراسة أن الأشجار الأكبر سناً أكثر عرضة للتدهور. وتخلص الدراسة إلى أن التغيرات المناخية، إلى جانب العوامل البيولوجية والأنشطة البشرية، تعد السبب الرئيسي لتدهور غابات البلوط الفليني في ولاية الطارف، مع ضرورة اعتماد استراتيجيات تسيير مستدامة لحماية هذه المنظومات البيئية.

Summary

This study investigates the decline of cork oak (*Quercus suber L.*) forests in the province of El Tarf, northeastern Algeria. Cork oak forests play a significant ecological, economic, and social role through cork production, biodiversity conservation, and ecosystem services. The document first describes the ecology, distribution, environmental requirements, and botanical characteristics of the species.

The research then examines the causes of forest decline. Abiotic factors include drought, rising temperatures, soil degradation, and forest fires, while biotic factors involve pathogenic fungi and insect pests that attack weakened trees.

The results indicate a marked increase in forest decline between 2020 and 2022, especially in the forests of Beni Salah, Brabita, and Zitouna. Spatial analyses and NDVI vegetation indices reveal a progressive degradation of forest cover. Older stands were found to be more susceptible to decline than younger ones. The study concludes that climate change, combined with biological and human-induced pressures, is the main driver of cork oak decline in El Tarf. It recommends adaptive forest management practices, including health monitoring, reduced stress on trees, and the development of mixed forest stands to improve resilience.

Liste de figures

Figure 1 : Aire de répartition naturelle du chêne-liège — Page 2 .

Figure 2 : Superficie occupée par le chêne-liège dans les pays du bassin méditerranéen selon Lei (2010) — Page 3

Figure 3 : Distribution du chêne-liège en Algérie — Page 3

Figure 4 : Maquis arboré de liège à El Tarf — Page 3

Figure 5 : Gland de chêne-liège — Page 5

Figure 6 : Feuille de chêne-liège — Page 5

Figure 7 : Fleur de chêne-liège — Page 6

Figure 8 : Liège femelle récolté — Page 7

Figure 9 : Décharge sauvage en subéraie — Page 8

Figure 10 : Arbre de chêne-liège touché par les incendies — Page 8

Figure 11 : Arbre attaqué par des ravageurs — Page 9

Figure 12 : Carte administrative de la wilaya d'El Tarf — Page 13

Figure 13 : Carte d'occupation du sol de la wilaya d'El Tarf — Page 13 (ou suite du Chapitre II)

Figure 14 : Étages bioclimatiques de la wilaya d'El Tarf — Page 13 (ou suite du Chapitre II)

Figure 15 : Températures annuelles de la station d'Annaba (2005–2014) — Page 18

Figure 16 : Températures mensuelles de la station d'Annaba (2005–2014) — Page 18

Figure 17 : Précipitations annuelles de la station d'Annaba (2005–2013) — Page 20

Figure 18 : Précipitations mensuelles de la station d'Annaba (2005–2014) — Page 20

Figure 19 : Évolution annuelle du dépérissement dans la wilaya d'El Tarf — Page 25

Figure 20 : Répartition spatiale du dépérissement dans la wilaya d'El Tarf — Page 25

Figure 21 : Boxplot illustrant les taux de dépérissement selon les années — Page 25 (ou suite du Chapitre III)

Figure 22 : Évolution annuelle de la surface de chêne-liège dépérie — Page 27

Figure 23 : Relation entre les communes et la superficie du chêne-liège dépérie — Page 27

Figure 24 : Répartition des classes de NDVI entre 2017 et 2024 — Page 28

Figure 25 : Carte thermique du taux de dépérissement par forêt et commune — Page 29

Figure 26 : Modèle linéaire généralisé illustrant le lien entre l'âge et le nombre de sujets dépéris — Page 29

Figure 27 : Analyse en composantes principales (ACP) illustrant l'évolution du dépérissement — Page 30

Figure 24. Répartition des classes de NDVI entre 2017 et 2024.

Figure 25. Carte thermique du taux de dépérissement par forêt et commune.

Figure 26. Modèle linéaire généralisé illustrant le lien entre l'âge et le nombre de sujets dépéris.

Figure 27. Analyse en composantes principales (ACP) illustrant l'évolution du dépérissement.

Liste des tableaux

Tableau 1. Températures annuelles de la station d'Annaba de 2005 à 2014. Page18

Tableau 2. Températures mensuelles de la station d'Annaba de 2005 à 2014. Page18

Tableau 3. Précipitations mensuelles et annuelles de la station d'Annaba de 2005 à 2013.

Page20

Tableau des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	2
1.1. Écologie du chêne-liège	2
1.2. Répartition géographique et superficies des subéraies algériennes	3
1.3. Exigences écologiques	4
1.4. Description botanique	5
1.4.1. Les glands	5
1.4.2. Les feuilles	5
1.4.3. Les fleurs	6
1.4.4. L'écorce	7
1.5. Définition du dépérissement forestier	8
1.6. Facteurs biotiques et abiotiques influençant le dépérissement	8
1.6.1. Les facteurs abiotiques	8
1.6.2. Les facteurs biotiques	9
1.6.3. Cas du bassin méditerranéen et Algérie	10
Chapitre II : Matériel et méthodes	13
2.1. Situation administrative	13
2.2. Monographie sur le secteur des forêts	13
2.3. Les formations forestières	16
2.3.1. Le chêne-liège	16
2.3.2. Le chêne Zeen	16
2.3.3. Les Eucalyptus	16
2.3.4. Le pin maritime	17
2.4. Les sous-produits forestiers	17
2.4.1. La bruyère	17
2.4.2. Les plantes médicinales et cosmétiques	17
2.5. Complexe des zones humides	17
2.6. Climat de la wilaya d'El Tarf	18
2.6.1. La température	18
2.6.2. La pluviométrie	20
2.7. Dispositif d'échantillonnage	23
Chapitre III : Résultats	25
3.1. Évolution spatiale et temporelle du dépérissement	25
3.2. Répartition des surfaces dépéries	27
3.3. Analyse du NDVI et état sanitaire	28
3.4. Taux de dépérissement par forêt et commune	29
3.5. Relation entre l'âge et le dépérissement	29
3.6. Analyse en composantes principales (ACP)	30

Chapitre IV : Discussion	32
4.1. Dynamique temporelle du dépérissement et stress climatique	32
4.2. Hétérogénéité spatiale des foyers de dépérissement	32
4.3. Rôle des insectes xylophages et des champignons pathogènes ...	33
4.4. Absence d'effet allélopathique direct du pin maritime	33
4.5. Impacts sur les services écosystémiques et implications pour la gestion ...	34

Introduction générale

Les subéraies algériennes jouent un rôle à la fois économique, social et environnemental. Elles procurent notamment du travail à près de 3 500 personnes par ans dans le domaine des travaux sylvicoles dont la récolte de liège, auquel il faut ajouter 1500 saisonniers et permanents dans l'industrie de transformation (Bouhraoua et al., 2014). Le liège est une ressource naturelle renouvelable qui constitue une matière première précieuse et un matériau polyvalent pour l'industrie utilisé pour une grande variété de produits. En raison de son caractère économique, actuellement il est considéré comme le deuxième produit forestier non ligneux (PFNL) après l'Alfa d'importance commercialisable parmi les produits forestiers de la Méditerranée occidentale (Catry et al., 2012) et le sixième PFNL dans le monde (FAO., 2013). La liste est longue dans l'utilisation du liège. Il rentre essentiellement dans la production du bouchon naturel qui génère 70% du chiffre d'affaires du commerce (APCOR., 2018). On trouve des objets divers, comme les volants de Badminton, les flotteurs de pêche, la chaussure, l'artisanat, etc. Dans le secteur du bâtiment on utilise beaucoup le liège comme isolant thermique et phonique, la décoration, et également dans la mise en place de murs végétaux (Roux., 2019) (Fig.2). Le bois de chêne liège sert à la fabrication des travers de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair et compact. De nos jours, ce bois est très peu utilisé, voire inutilisable en construction comme en menuiserie (Bonnier., 1990). Le bois a longtemps été apprécié, aussi, pour son utilisation en construction et la fabrication des coques de navires (Bouhraoua., 2003).

Le dépérissement des peuplements forestiers constitue un phénomène préoccupant dans plusieurs régions du Nord-Est algérien, où les écosystèmes forestiers subissent des pressions croissantes d'origine climatique et biologique. Dans ce contexte régional, les observations de terrain réalisées montrent que le dépérissement affecte plusieurs peuplements forestiers de manière localisée. Dans le cadre de cette étude, plusieurs hypothèses ont été formulées afin d'expliquer la variabilité du dépérissement des peuplements forestiers :

1. Le dépérissement est plus accentué dans les peuplements âgés, en raison de leur sensibilité accrue aux stress environnementaux et biologiques.

Introduction générale

2. Le dépérissement varie significativement selon les localités (Bouteldja, Zitouna, Bougous...), ce qui reflète l'influence des facteurs environnementaux locaux tels que le climat, le sol et la pression anthropique.
3. Les peuplements de grande superficie présentent des superficies déperies plus importantes, en raison de leur étendue et de la difficulté de gestion et de surveillance

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'intensité du dépérissement des peuplements forestiers dans la wilaya d'El Tarf, et d'identifier les principaux facteurs écologiques et anthropiques qui influencent sa distribution spatiale et son évolution.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. 1. Écologie du chêne-liège

Le genre *Quercus* explose littéralement vers la fin du tertiaire (Kremer et al., 2002), il semble avoir atteint une distribution généralisée au cours de l'Eocène supérieur et jusqu'à l'Oligocène inférieur (Manos et Stanford, 2001). Magni et al. (2005) ont montré que les populations de ce genre ont survécu aux glaciations du Quaternaire en se maintenant dans plusieurs refuges du sud de l'Europe, en Espagne, en Italie et dans les Balkans.

C'est l'un des genres les plus représentés dans la famille des Fagacées (Natividade, 1956). Il comprend entre 200 et 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (El Antry Tazi et al., 2008).

Natividade (1956) affirme que l'espèce *Quercus suber* (chêne liège) est circonscrite en Méditerranée occidentale depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de million d'années d'existence. Sa pénétration en Afrique du Nord aurait eu lieu soit à travers la chaîne de montagnes submergée à la fin du Pliocène, qui reliait la Sicile à la Tunisie, soit par le trait d'union Ibéro-Mauritanien qui se brisa définitivement au début de l'ère quaternaire (Seigue, 1985 ; Azema, 2004). Quant à Sauvage (1961), il considère que le chêne liège est originaire de la péninsule ibérique et aurait colonisé l'Afrique du Nord depuis Gibraltar et le Rif à la fin du Miocène. Selon Ben Tiba et Reille (1982), il a survécu dans divers refuges de la partie méridionale et du littoral de la péninsule ibérique, mais aussi en Afrique du Nord, lors du dernier maximum glaciaire.

L'arbre a été décrit pour la première fois par Linné en 1753 (Natividade, 1956). Il tire son nom «Chêne» de la racine celte «Kaër quez» qui veut dire «Bel arbre» (Pierre et Lys, 2007).



Figure 1 – Aire de répartition naturelle du chêne liège (euforgen, 2009 ;

<http://www.euforgen.org/species/quercus-suber/>)

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Beaucoup d'auteurs divergent sur la superficie réelle de la subéraie mondiale du fait de la dégradation continue de cet écosystème et la définition de la subéraie elle-même (Bekdouche, 2010). Pausas et al. (2009), Bugalho et al. (2011) et FAO (2013), l'estiment à environ 2,5 millions d'hectares dans le bassin occidental de la Méditerranée ce qui représente 10% de la forêt totale, dont 1.5 million d'hectares en Europe méridionale et 1 million d'hectares en Afrique du Nord. Cette superficie totale se répartie sur sept pays dont quatre en Europe méridionale et trois d'Afrique du Nord soit, le Portugal (33%), l'Espagne (22%), l'Algérie (18%), le Maroc (15%), la Tunisie (4%), l'Italie (4%) et la France (4%)

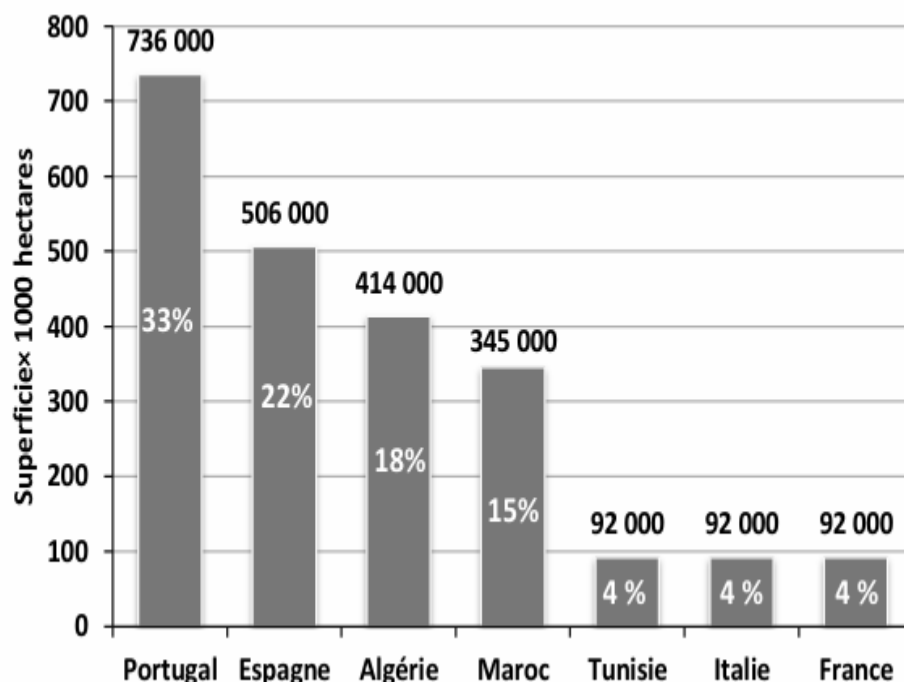


Figure 2 – Superficie occupée par le chêne liège dans les pays du bassin méditerranéens selon Lei (2010).

1.2. Répartition géographique et superficies des subéraies algériennes En Algérie,

Le chêne Liège couvre de vastes espaces au Nord Est du pays où il recouvre près de 43 0000 ha depuis les frontières marocaines aux frontières tunisiennes. Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell Oriental, situées essentiellement en zones subhumides et humides au Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraia., 1983). Elles se répartissent à travers 22 wilayas (Ouelmouhoub., 2005). Cependant, le premier Inventaire Forestier National (IFN 1983-84) n'a répertorié que 230 000 ha de chênes lièges, dont 140 000 ha de vieille futaie, soit 60,5 % des forêts, contre seulement 37 % de jeunes futaies et 2,5 % de

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

taillis et perchis. Le reste de la superficie a donc évolué vers un maquis à chênes lièges (Bouhraoua., 2013).



Figure 3 montre la distribution de chêne liège en Algérie. (DGF., 2012).

1.3. Exigences écologiques

Le chêne liège est une espèce héliophile, car il exige une forte insolation. L'augmentation de l'éclairement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de graines au sol et permet une photosynthèse plus intense (Frochot et Levy, 1986). Pour sa part, Ettoubi (1996), affirme que les semis de chêne liège (jeune) ont besoin d'ombre pour éviter les brûlures de l'apex c'est pourquoi les jeunes glands poussent souvent dans les touffes du maquis. Le C. liège pousse aussi bien en plaine qu'en montagne, avec une préférence pour les terrains accidentés, les collines ou les montagnes peu élevées. On le retrouve dans les étages méso-méditerranéen et collinéens entre 0 et 700 m d'altitude allant jusqu'à 1300 m d'altitude en Algérie (Boudy, 1952). Selon Pereira (2007), il pousse sur des climats semi arides à humides du niveau de la mer jusqu'à 2 000 m. Le C. liège est une espèce relativement thermophile (Boudy, 1952 ; El Antry Tazi et al., 2008). Il exige des températures douces, dont l'optimum se situe entre 13°C et 18°C, il ne supporte pas les gelées de - 9°C longtemps (1 à 2 jours) (Boudy, 1952). Selon El Antry Tazi et al. (2008), l'arbre est remarquablement plastique vis-à-vis des précipitations. Sa moyenne annuelle varie de 441 à 1700 mm. Selon Zeraia (1981), la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération du C. liège. D'un point de vue édaphique, Le C. liège est une essence nettement calcifuge. Il craint l'hydromorphie (Pereira, 2007), se plaisant sur tous les substrats siliceux (grès numidiens, sable, pliocène) et acides (schistes, grès, gneiss, granite) (Sauvage, 1961), présentant peu de contraintes pour la pénétration des racines, avec un horizon organique bien préservé et suffisamment drainés (El Antry Tazi et al., 2008).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique



Figure 4 montre maquis arboré de Lège . (CF El tarf 2026).

1.4. Description botanique

D'après Cronquist (1981), la taxonomie retenue pour le C. liège est la suivante

Règne : Plantea

Sous règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnolipsida

Sous-classe : Hamamelidae

Ordre : Fagales F

amille : Fagaceae

Genre : Quercus Espèce : Quercus suber L.

Nom vernaculaire : Ballout el feline السنديان الفليني

Natividade (1956) décrit le C. liège comme une espèce très polymorphe dont on a différencié de nombreuses formes botaniques. Sa longévité varie de 150 ans en moyenne (Anonyme, 1978) à 200 ans (Camus, 1938), soit en moyenne plus de 12 récoltes par arbre.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Il peut atteindre jusqu'à 300 ans sans récolte de liège. Selon Gellini et Grossoni (1997), cet arbre peut atteindre jusqu'à 25 m de haut en peuplement dense. La circonférence à 130 cm du sol est de 70 cm entre 27 et 35 ans (Natividade, 1956).

La fructification commence à l'âge de 15 ans (Saccardy, 1937), mais un bon rendement ne peut être espéré avant 40 ans (Zeller, 1959), les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans (Saccardy, 1937).

1.4.1. Les glands

Sont de couleur rouge brique, dans une cupule à écailles inégales, allongés et de tailles très variables, de 2 à 4,5 cm de long sur 1,5 à 1,8 cm de diamètre (Camus, 1938). Ils tombent en octobre et novembre, parfois jusqu'à janvier (Piazzetta, 2005).

Ces glands sont ordinairement amers et ne sont pas comestibles pour l'homme, sauf quelques exceptions individuelles (Zeller, 1959).



Figure 5 montre un gland de liège([institutduliege](https://institutduliege.fr/chene-liege/description/)

<https://institutduliege.fr/chene-liege/description/>)

1.4.2. Les feuilles

C. liège sont persistantes dont la durée de vie est de 2 à 3 ans (Piazzetta, 2005). Elles ont 3 à 5 cm de longueur et 1,5 à 4 cm de largeur, coriaces, plus ou moins elliptiques, alternes, sans poils sur le dessus, velues cotonneuses et d'un blanc grisâtre en dessous. Le limbe est pétiolé, ovale, allongé, bordé de dents épineuses, il présente 5 à 7 nervures secondaires de chaque côté de la nervure principale (Rameau et al., 2008). La floraison du C. liège commence dès l'âge de 12-15 ans (Piazzetta, 2005), et se déroule entre la fin d'avril et la fin mai, elle est conditionnée par le climat et l'exposition.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique



Figure 6 montre une feuille de Liège (institutduliege
<https://institutduliege.fr/chene-liege/description/>)

1.4.3. Les fleurs

Les fleurs femelles sont de petits boutons écailleux isolés ou en groupe de trois sur les rameaux de l'année en cours (Piazzetta, 2005), et les fleurs mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, elles sont longues de 4 à 8 cm (Fraval, 1991). Dès le jeune âge, le système racinaire du C. liège est constitué d'un pivot unique et un système racinaire traçant (Sauvage, 1961). Dès trois mois, les racines peuvent atteindre 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm (Natividade, 1956).

Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique (la mère), il couvre le tronc et les branches (Veillon, 1998). C'est un tissu mort, spongieux, élastique et compressible qui résiste parfaitement aux incendies et préserve ainsi les couches corticales inférieures. Le liège mâle (liège vierge ou naturel) de couleur grisâtre est dur, d'une élasticité médiocre, profondément crevassé (Bouhraoua, 2003).

Selon Boudy (1952), ce liège naturel (jamais récolté) présente une épaisseur moyenne de 3 cm, pouvant atteindre 5 à 10 cm à 100 ans et même 20 à 22 cm sur les arbres très âgés. Sa récolte qui s'appelle le démasclage, commence à l'âge de 25 à 40 ans (Zeller, 1959). Selon Bouhraoua (2003), le liège femelle ou liège de reproduction, qui se développe après le démasclage, est moins crevassé, plus homogène et plus élastique, ce liège est exploitable au bout de 8 – 15 ans (Bouhraoua, 2003).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique



Figure 7 montre une fleur de C. Liège(institutduliege.fr/chene-liege/description/)

1.4.4. L'écorce

Sur un arbre jamais écorcé, elle est de couleur grisâtre, très épaisse, peu dense et fortement crevassée. En termes de production, on l'appelle « liège mâle ». Elle représente une bonne protection contre le feu et permet au chêne de reprendre rapidement sa croissance après le passage d'un incendie. Dans le cas des arbres écorcés, le liège mâle est remplacé par le « liège de reproduction » ou « liège femelle », de couleur jaune, rouge puis noire. Cette nouvelle écorce est beaucoup plus régulière que la précédente, présentant des crevasses moins profondes et des caractéristiques dans l'ensemble plus homogènes.



Figure 8 montre liège femelle récoltée (CF El tarf2026à

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.5. Définition du dépérissement forestier

Le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber*) est défini comme un processus progressif d'affaiblissement des arbres se traduisant par une réduction de la croissance, un dessèchement des branches, une chute prématurée des feuilles et, dans les cas les plus sévères, la mort de l'arbre. Ce phénomène est complexe car il résulte de l'interaction de plusieurs facteurs. En effet, les changements climatiques, notamment les épisodes répétés de sécheresse et l'augmentation des températures, provoquent un stress hydrique important limitant les capacités d'absorption de l'eau par les arbres (Allen et al., 2010).

1.6. Facteurs biotiques et abiotiques influençant le dépérissement

Le dépérissement forestier, en particulier celui du chêne-liège, résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs abiotiques et biotiques qui interagissent de manière complexe et progressive.

1.6.1. Les facteurs abiotiques

Représentent les conditions non vivantes de l'environnement et jouent un rôle déterminant dans l'affaiblissement initial des arbres. Parmi ces facteurs, le changement climatique occupe une place centrale, notamment à travers l'augmentation des températures moyennes et la fréquence accrue des épisodes de sécheresse. Ces conditions entraînent un stress hydrique important, réduisant la disponibilité en eau dans le sol et limitant l'activité physiologique des arbres, ce qui les rend plus vulnérables aux autres agressions (Allen et al., 2010). En parallèle, les facteurs édaphiques tels que la dégradation des sols, la diminution de leur fertilité, l'érosion et le mauvais drainage aggravent la situation en limitant le développement racinaire et l'absorption des nutriments essentiels. Dans certaines régions, la compaction du sol liée aux activités humaines accentue encore ce déséquilibre et fragilise davantage les peuplements forestiers (Taïbi et al., 2013).



Figure 9 montre Une décharge sauvage en plein suberaï .(CF El tarf 2026)

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique



Figure 10 montre un arbre de Liégé touché par les feux de forêts .(CF El tarf 2026)

1.6.2 Les facteurs biotiques

Quant à eux, regroupent l'ensemble des organismes vivants responsables de l'altération de la santé des arbres. Parmi les plus importants, on retrouve les agents pathogènes, notamment les champignons du genre *Phytophthora cinnamomi*, qui provoquent des pourritures racinaires sévères et empêchent la bonne alimentation hydrique et minérale de l'arbre. À cela s'ajoutent les insectes ravageurs, tels que certains insectes xylophages et défoliateurs, qui attaquent respectivement le bois et les feuilles, entraînant une diminution de la capacité photosynthétique et un affaiblissement structurel de l'arbre. Ces attaques biologiques ne sont généralement pas isolées, mais deviennent beaucoup plus destructrices lorsque les arbres sont déjà affaiblis par des conditions abiotiques défavorables.

Ainsi, on observe une interaction synergique entre les facteurs abiotiques et biotiques, où le stress environnemental favorise l'installation des agents pathogènes, accélérant ainsi le processus de dépérissement (Moreira & Martins, 2005).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique



Figure 11 montre un arbre les ravageurs des arbres du C.liège Institut National de Recherche Forestière. (2023)

Diagnostic phytopathologique du dépérissement de différentes essences forestières dans les wilayas de Jijel, Skikda, Guelma et El Tarf. *Institut National de Recherche Forestière*

1.6.3. Cas du bassin méditerranéen et Algérie

Dans le bassin méditerranéen, le dépérissement des forêts, en particulier celui du chêne-liège, est devenu un phénomène préoccupant en raison de la combinaison de plusieurs facteurs climatiques, édaphiques, biologiques et anthropiques. Sur le plan climatique, cette région est fortement exposée au réchauffement global, caractérisé par une augmentation des températures moyennes et une diminution de la pluviométrie. Ces changements entraînent des épisodes de sécheresse plus fréquents et plus intenses, provoquant un stress hydrique chronique qui affaiblit progressivement les arbres et réduit leur capacité de résilience (Allen et al., 2010). Sur le plan édaphique, la dégradation des sols constitue également un facteur majeur, notamment à travers la perte de matière organique, l'érosion, la compaction et la faible capacité de rétention en eau, ce qui limite fortement le développement racinaire et l'absorption des nutriments essentiels (Taïbi et al., 2013).

En Algérie, ce phénomène est particulièrement marqué dans les forêts du nord-est, notamment dans les régions de la Kroumirie algérienne, d'El Tarf et de Souk Ahras, qui abritent les

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

principales subéraies du pays. Sur le plan climatique, ces régions subissent des sécheresses répétées et une hausse progressive des températures, ce qui entraîne un stress hydrique sévère et une réduction de la croissance des arbres, surtout dans les stations écologiquement fragiles (Allen et al., 2010).

Chapitre 2

Matériel et méthodes

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1 Situation administrative

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-est du pays, elle est délimitée au nord, par la mer Méditerranée ; à l'est, par la Tunisie ; au sud, par la wilaya de Souk Ahras ; au sud-est, par la wilaya de Guelma ; à l'ouest par la wilaya d'Annaba. Son littoral s'étend sur 90 km, composé en majorité de plages.

Carte Administrative de Wilaya d'EL TARF

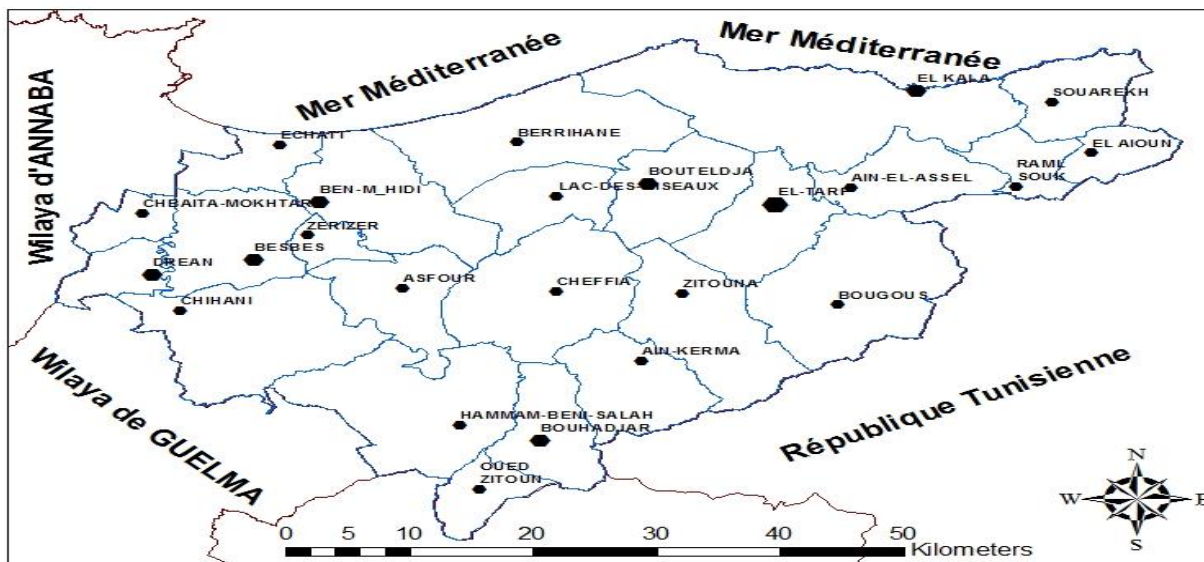


Figure 12 : **Carte 1.** Carte Administrative de la Wilaya d'EL TARF.

2.2. Monographie sur le secteur des forêts

Principaux indicateurs de la Wilaya : (Source SNADDR 2008, IFN 2008)

Superficie de la Wilaya : 289.175 Ha.

Superficie forestière : 179.031 Ha Soit 62%

Population totale : 420.000 Ha

Population rurale : 140.326 Ha

Mouvement des populations 1998-2006 : Stabilisation

Nombre de communes rurales : 10/24

Rang indice de développement humain et social (IDHS) : 03^{ème}

Nombre de communes à seuil de développement :

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

- Acceptable : 8
- Moyen : 16

De part sa position géographique, la wilaya d'El Tarf recèle des milieux naturels riches et diversifiés représentés par cinq écosystèmes très importants à savoir : Marin, lacustre, palustre, dunaire et Montagneux.

Ces milieux se caractérisent essentiellement par :

- Un littoral où se développent des activités touristiques et de pêche qui s'étend sur une longueur de 90 km où on peut trouver des sites naturels de rare beauté.
- Un cordon dunaire stabilisé par des peuplements de chêne Kermès (matorral) et de pin Maritime destiné aussi à l'intensification ligneuse
- La deuxième zone est caractérisée par une alternance de terres agricoles fertiles, de plans d'eau (lacs et marais) et de forêts humides.

Ces caractéristiques confèrent à cette zone la vocation favorable à l'intensification de la production agricole, ligneuse et aquacole. La zone se trouvant au sud de la wilaya, de nature montagneuse est occupée graduellement par des maquis, des reboisements d'Eucalyptus, de Chêne liège et de Chêne Zeen alternant avec des vides forestiers et de grands enclaves ou clairières favorables, à un développement rural intégré agro sylvo-pastoral.

Carte d'occupation du sol de Wilaya d'EL TARF

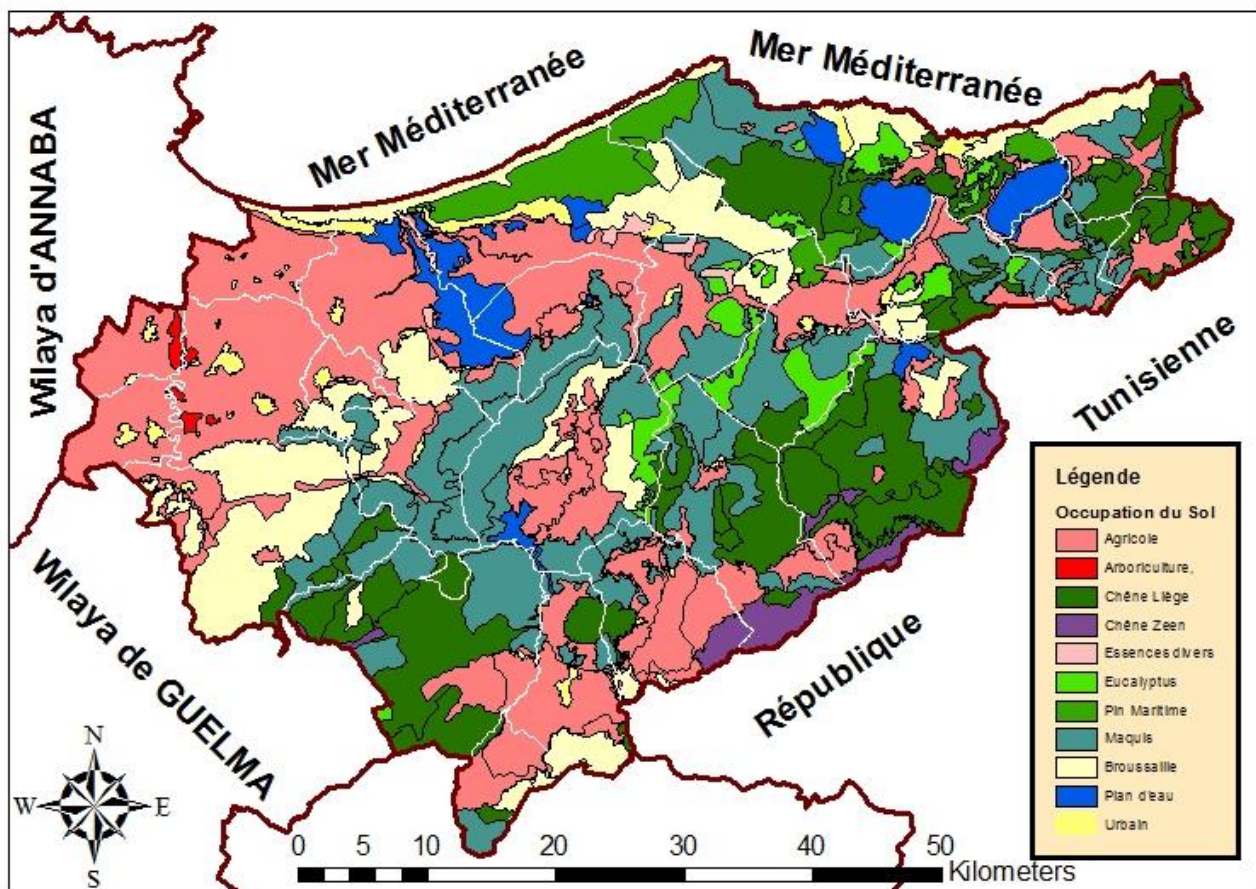


Figure13 : Carte 2. Carte d'occupation du sol

Les différentes essences forestières autochtones et exotiques (Frênes - Peupliers - Orme - Saule - Aulne - Acacia - Pin ...etc.), existent et peuvent selon des procédés appropriés de transformation produire dans des proportions limitées du bois de qualité propre à différents usages.

Parmi la flore forestière de la wilaya, quatre essences (chêne Zeen - Chêne liège - Eucalyptus - Pin maritime) retiennent particulièrement l'attention parce qu'elles constituent des peuplements homogènes le plus souvent à l'état pur ou mélangé occupant de vastes étendues.

Les principales essences sont :

- Chêne liège = 78.457 Ha.
- Pin Maritime = 13.896 Ha.
- Eucalyptus= 11.222 Ha.
- Chêne Zeen = 6492 Ha.
- Autres essences :

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

- ✓ Maquis = 59.031 Ha
- ✓ Peuplier -Oléastres = 4.819 Ha.
- ✓ Aulne –Frêne

2.3 Les formations forestières

2.3.1. Le chêne liège

Principale essence de la forêt sclérophylle méditerranéenne, le Chêne Liège couvre une superficie de 78.457 ha, les réserves de liège produit par l'écorce du chêne-liège estimées à 300.000 Qx, offrent une possibilité d'exploitation de 15.000 Qx /an, la bouchonnerie et le panneau constituent les principales utilisations du liège.

La strate herbacée est essentiellement représentée par :

- Le Cytise à trois feuilles ;
- L'Arbousier ;
- Le Pistachier Lentisque ;
- Bruyère arborescente ;
- Le Genêt à trois épines ;

2.3.2. Le chêne Zeen

Occupe une superficie de 6492 Has, un volume de 1.5 millions de m³ constitue les réserves de bois sur pied de peuplements de Chêne Zeen et une possibilité annuelle de 15.000 m³.

Le cortège floristique est essentiellement composé d'espèces hygrophiles, on notera l'abondance de la fougère aigle, de la clématite, du cyclamen, du lierre et du houx à mesure que l'on s'élève en altitude. A basse altitude on notera la présence de la bruyère, l'arbousier, le myrte, la phylère.

2.3.3. Les Eucalyptus

Des réserves de bois d'eucalyptus estimées à 1.000.000 m³ et assurant une possibilité moyenne annuelle de 40.000 m³, offrent des possibilités certaines d'un approvisionnement régulier et permanent pour une unité de trituration de bois d'Eucalyptus et de fabrication de panneaux de particules, dont le marché national en a grandement besoin.

Le sous-bois est représenté par différents groupements végétaux composés de :

- Le Calycotum Spinosa ;
- La Bruyère arborescente ;

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

- Pistachier Lentisque ;
- Le Myrte ;

2.3.4. Le pin maritime

Essence aux exigences Ecologiques des plus rudimentaires, puisqu'on le rencontre aussi bien en zone dunaire que sur les versants, parfois les plus abruptes des montagnes, le pin maritime est incontestablement l'une des essences forestières d'avenir de la région et du Nord du pays.

Les jeunes reboisements de pin maritime couvrent une superficie de : 18.000 Ha.

Les espèces accompagnatrices de cette essence sont regroupées en quatre groupements végétaux :

- Groupements à genévrier oxycèdre ;
- Groupements à chêne kermès.
- Groupement à oléo lentisque;
- Groupements à ammophilla arénaria;

2.4. Les sous-produits forestiers

2.4.1. La bruyère

Parmi les sous-produits forestiers de la large gamme que recèle la région d'EL-TARF, la bruyère, les plantes médicinales et cosmétiques offrent particulièrement l'attention de par les énormes possibilités qu'ils offrent.

La bruyère, essence fidèle du cortège floristique des groupements de Chêne-liège est omniprésente dans tous ses peuplements, soit sur une superficie exploitable de plus de 40.000 Has, eu égard au cycle relativement court de régénération de la bruyère, cette superficie est assez conséquente pour assurer une possibilité annuelle soutenue de 10.000 Qx.

2.4.2. Les plantes médicinales et cosmétiques

Parmi les plantes ligneuses herbacées qui composent le cortège floristique des peuplements forestiers, nombreuses sont celles qui renferment des substances d'un intérêt certain pour les cosmétiques et l'industrie pharmaceutique, les possibilités de production peuvent subvenir aussi bien à l'alambic ambulante, qu'à ceux de la distillerie aux capacités déterminées.

2.5. Complexe des Zones humides

La wilaya d'El-Tarf compte plusieurs zones humides dont 10 classées en sites RAMSAR d'importance internationale, d'une superficie de 17.138 Has.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.6. Climat de la Wilaya d'EL TARF

Selon la classification d'Emberger, la zone se situe dans l'étage bioclimatique subhumide caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec (Figure 13). L'hiver à El Tarf se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. La classification de Köppen-Geiger est de type CSA (Climat méditerranéen). Sur l'année, la température moyenne à El Tarf est de 18.3 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 694 mm.

Etage Bioclimatique de la Wilaya d'EL TARF

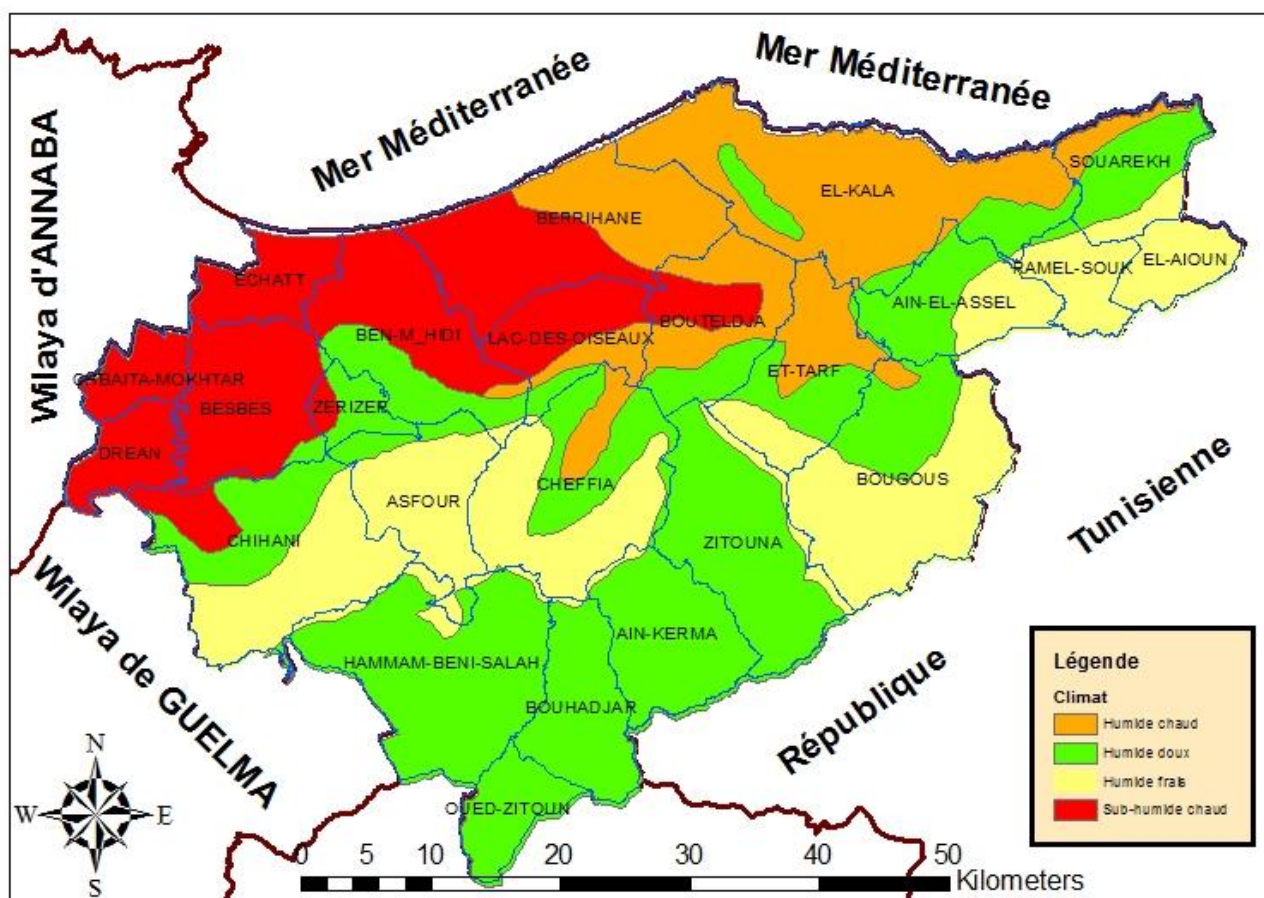


Figure 14 : montre les Etages bioclimatiques de la Wilaya d'EL TARF (IFN, 2008)

2.6.1. La Température

Selon de Belair (1990), la région est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par l'alternance d'une saison sèche durant les mois chauds et une saison pluvieuse durant les mois frais. Les températures descendent très rarement à 0°C.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Les mois les plus froids sont janvier et février avec 12° C en moyenne) alors que juillet et août (26° C en moyenne) sont les plus chauds (Tableaux 6 et 7 et figure 14 et 15).

Tableau 1. Températures Annuelles - station Annaba de 2005 à 2014 (O.N.M., 2015)

Année	T° Min	T° Max	T° Moyenne
2005	2	41	17,87
2006	0	40	17,87
2007	1	45	17,54
2008	0	42	17,40
2009	0	44	17,60
2010	1	47	17,91
2011	2	41	17,82
2012	0	41	18,13
2013	- 3	41	18,54
2014	3	46	18,32

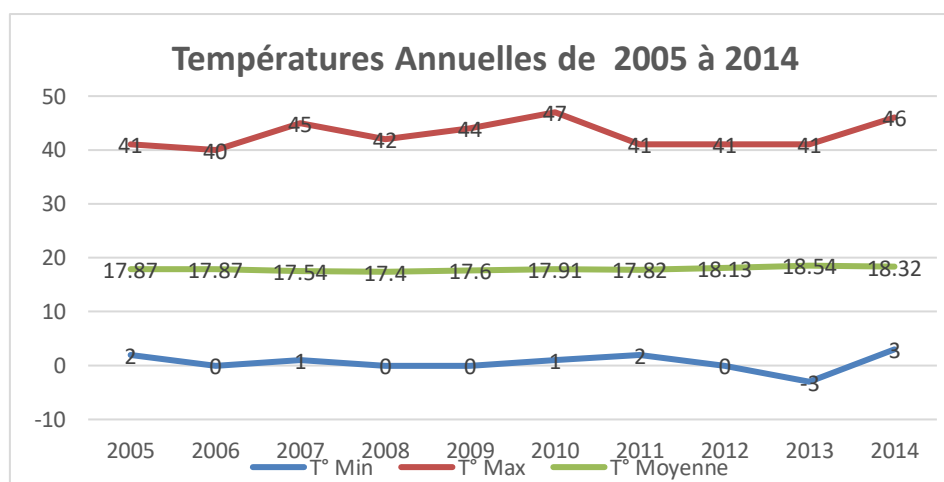


Figure 15 Températures Annuelles station Annaba de 2005 à 2014

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Tableau 2. Températures Mensuelles station Annaba de 2005 à 2014 (O.N.M., 2013)

Mois	T° Min	T° Max	T° Moyenne
Janvier	0,3	23	11,18
Février	0	26,5	10,57
Mars	0	29	12,98
Avril	5,3	33,5	15,66
Mai	8,1	36,9	18,39
Juin	9,6	40,2	21,98
Juillet	13,3	44	25,13
Août	14,3	42,3	25,40
Septembre	13	41,8	23,01
Octobre	7,4	40,3	19,75
Novembre	5,5	30,8	15,66
Décembre	1,5	27,5	12,21
Total	0	44	17,61

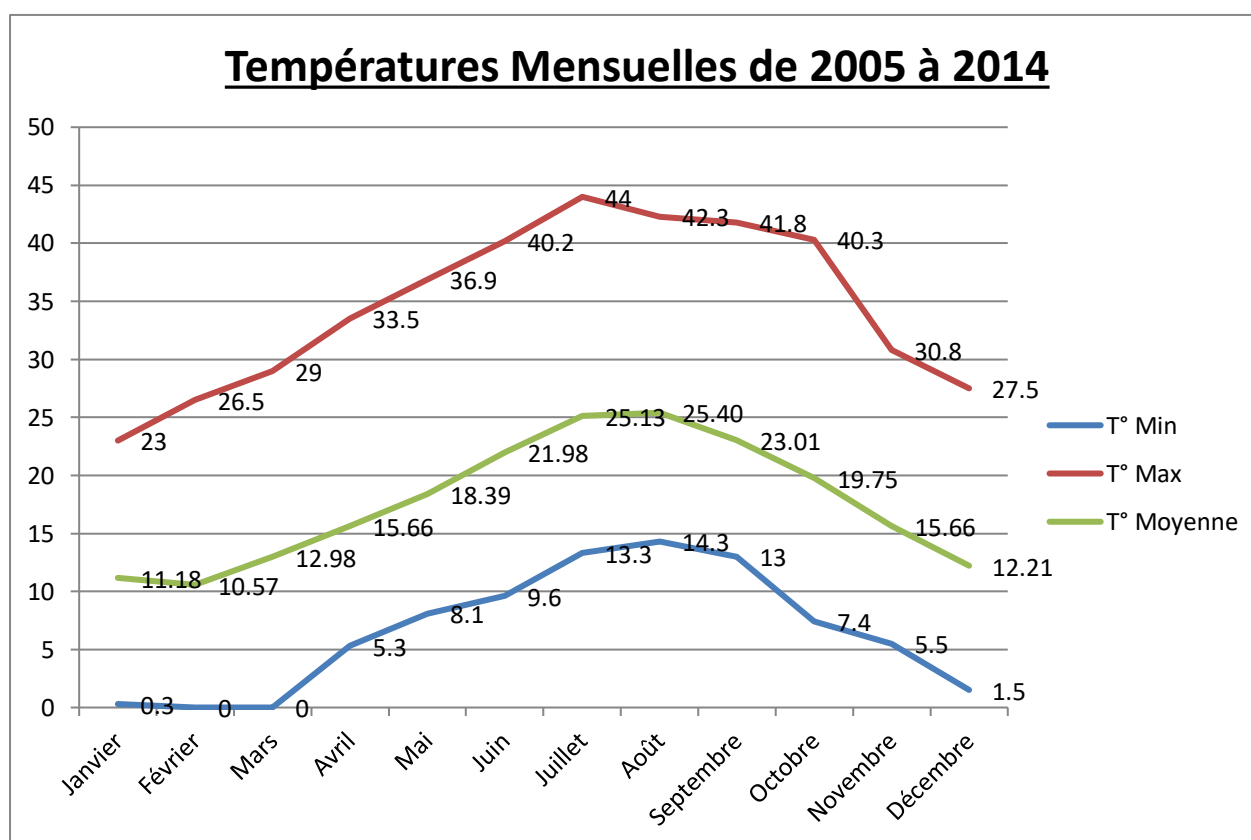


Figure 16. Températures Mensuelles station Annaba de 2005 à 2014

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.6.2. La Pluviométrie

Le régime pluviométrique est de type méditerranéen. Les précipitations varient de 700 mm à 1000 mm par an, dont 80% sont concentrés durant la saison pluvieuse entre les mois d'octobre et mars, janvier étant le mois le plus pluvieux (Marre, 1987). Cette concentration fait apparaître une période sèche de quatre mois (la sécheresse reste le facteur limitant la productivité) (Tableau 8 et Figure 16 et 17). L'évaporation est supérieure à la pluviométrie huit mois sur douze, cela signifie que même si les pluies sont suffisantes, l'irrigation est une nécessité (Seltzer, 1946 ; Aouadi, 1989).

Tableau 3. Les précipitations Mensuelles et Annuelles de 2005 à 2013 (O.N.M., 2013)

Année Mois	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Janvier		114,3	121,1	58,7	194,4	188,6	149,6	134,5	117,1
Février	148,5	186,5	160,6	177,2	196,3	155,2	112,3	168,4	128,0
Mars	76,3	86,1	99,4	64,8	76,2	60,0	84,4	50,7	55,0
Avril	114,0	45,5	129,3	132,0	139,4	131,0	57,2	150,2	97,5
Mai	10,5	21,0	17,2	42,2	89,3	40,3	42,3	23,3	56,4
Juin	0,0	9,3	52,0	2,9	0,9	18,5	23,5	0,6	0,0
Juillet	0,9	2,0	3,0	7,0	1,8	0,0	3,0	1,0	0,2
Aout	4,7	34,5	3,3	0,2	7,4	1,5	0,0	0,0	
Septembre	9,8	17,1	32,7	61,4	119,0	27,0	37,6	45,5	
Octobre	32,2	36,7	104,6	22,1	55,4	89,2	104,2	38,8	
Novembre	41,8	59,7	94,6	51,1	70,0	121,1	55,1	35,7	
Décembre	194,9	147,2	114,9	81,4	74,0	44,0	86,0	68,9	
Total	633,6	759,9	932,7	701,0	1024,1	876,4	755,2	717,6	454,2

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

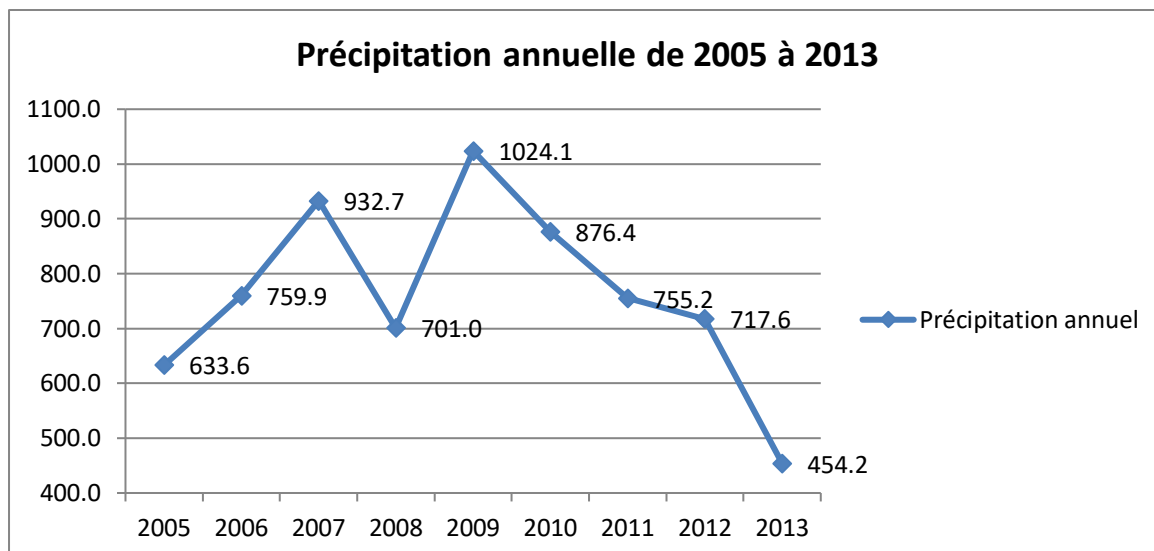


Figure 17. Précipitation Annuelle de 2005 à 2013

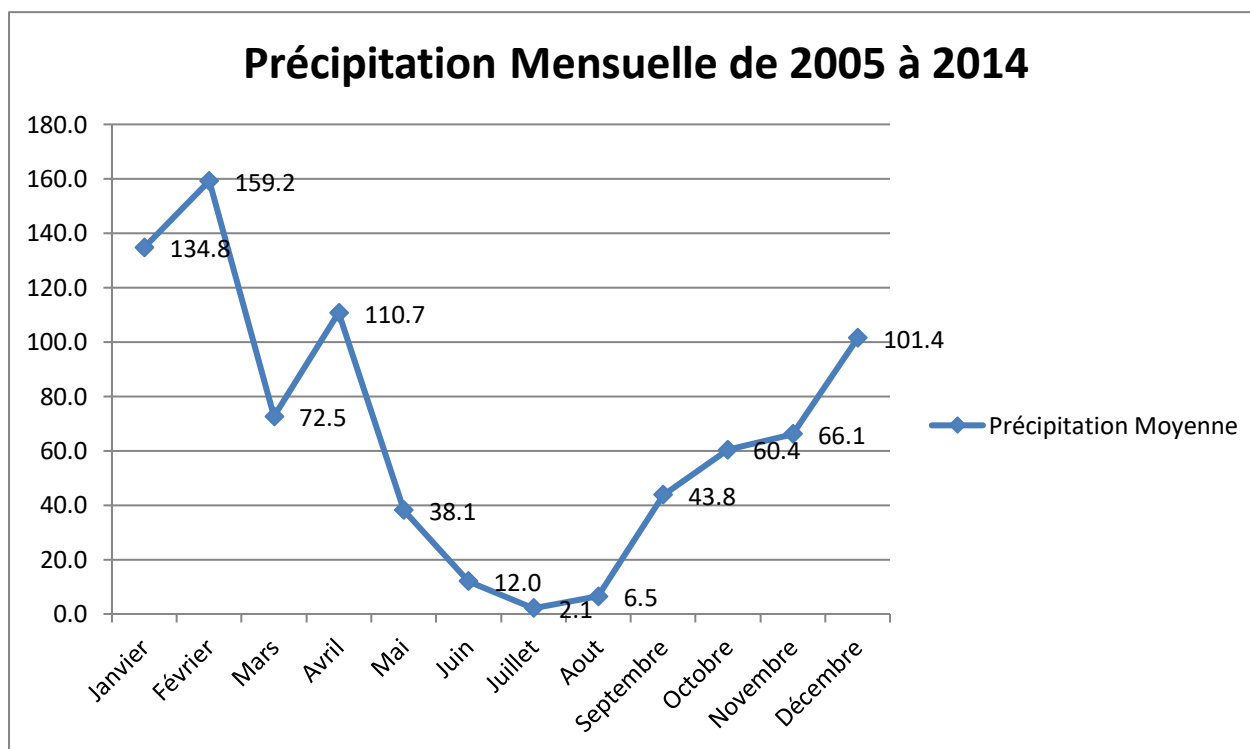


Figure 10. Précipitation Mensuelle de 2005 à 2014

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.7. Dispositif d'échantillonnage

L'ensemble des données dendrométriques, sanitaires et stationnelles utilisées dans cette étude a été obtenu auprès de l'Institut National de Recherche Forestière (INRF) d'Algérie, dans le cadre d'une collaboration scientifique portant sur le suivi de la santé des subéraies du nord-est algérien. Un dispositif d'échantillonnage stratifié a été mis en place afin de représenter les différentes conditions écologiques du massif forestier étudié. La stratification a été réalisée en tenant compte de facteurs susceptibles d'influencer l'état sanitaire des peuplements, notamment l'altitude, la pente, l'exposition, la densité du couvert forestier et le degré apparent de dépérissement. Des placettes d'échantillonnage circulaires de 500 m² (rayon de 12,62 m) ont été réparties de manière à couvrir l'ensemble de la zone d'étude. Leur localisation a été déterminée à l'aide d'un GPS puis intégrée dans un système d'information géographique (SIG) afin de faciliter leur cartographie et l'analyse spatiale des données.

Au niveau de chaque placette, les paramètres suivants ont été relevés :

- Coordonnées géographiques ;
- Altitude, pente et exposition ;
- Nombre total de chênes-lièges ;
- Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) ;
- Hauteur des arbres ;
- Densité du peuplement ;
- Taux de mortalité ;
- Symptômes de dépérissement (défoliation, dessèchement des branches, nécroses, présence de ravageurs ou de champignons).

L'intensité du dépérissement a été évaluée à l'aide d'une échelle visuelle basée sur le pourcentage de défoliation observé sur chaque arbre :

- Classe 0 : arbre sain (0–10 %) ;
- Classe 1 : dépérissement faible (11–25 %) ;
- Classe 2 : dépérissement modéré (26–60 %) ;
- Classe 3 : dépérissement sévère (> 60 %) ;
- Classe 4 : arbre mort.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Les données collectées ont ensuite été analysées statistiquement et spatialement sous environnement SIG afin d'identifier les zones les plus touchées et d'évaluer l'influence des facteurs environnementaux sur le phénomène de dépérissement.

Résultat

3. Résultats

La figure 20 illustre que les événements de dépérissement au niveau d'El Tarf sont regroupés spatialement selon les années. El souarekh et el aioun présente le premier foyer signaler en 2017 et 2015 suivi d'une période de cinq ans de non signalement. Par la suite, le dépérissement s'est propagé au niveau sud-ouest de la wilaya pendant 2021 et 2022, et aussi au niveau d'El Kala en 2024 (Figure 20).

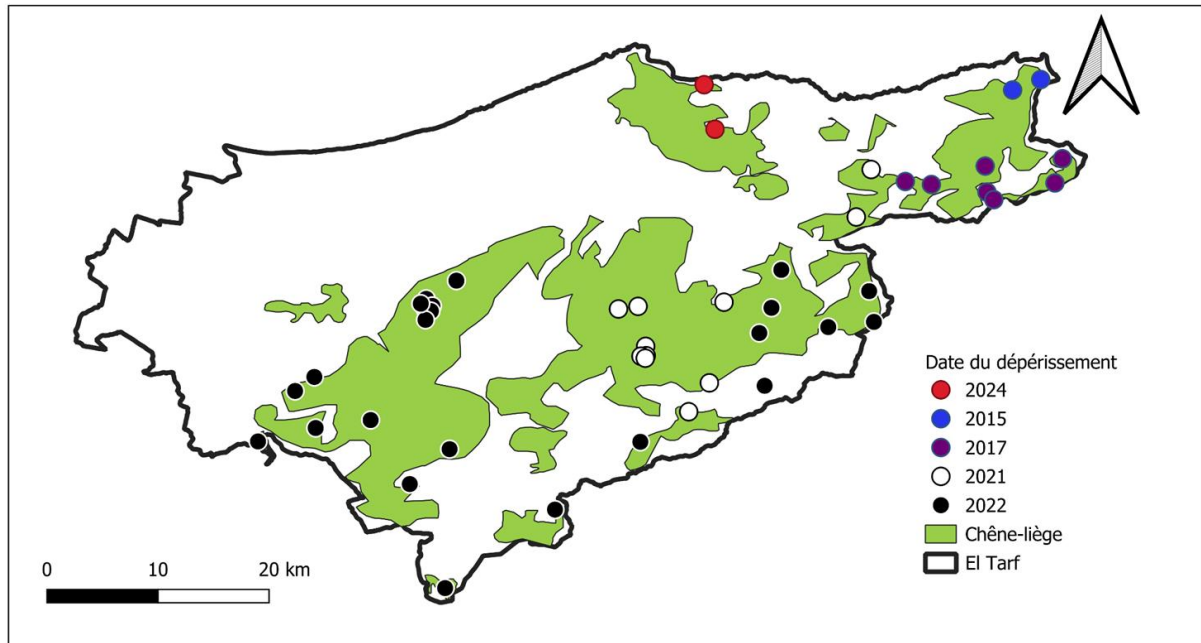


Figure 21. Evolution annuelle du dépérissement au niveau de la wilaya d'El Tarf

La cartographie de l'intensité du dépérissement montra une forte hétérogénéité spatiale dans le nombre de sujets affectés, avec des foyers dépassant 600 à 2 000 individus dépéris concentrés dans les forêts de Zitouna et de Hamma Beni Salah (Figure 22A). En termes de superficie, les foyers les plus étendus (100–500 ha) se localisaient principalement dans la partie centro-occidentale, tandis que la majorité des autres foyers présentaient des étendues inférieures à 16 ha (Figure 22B).

Résultat

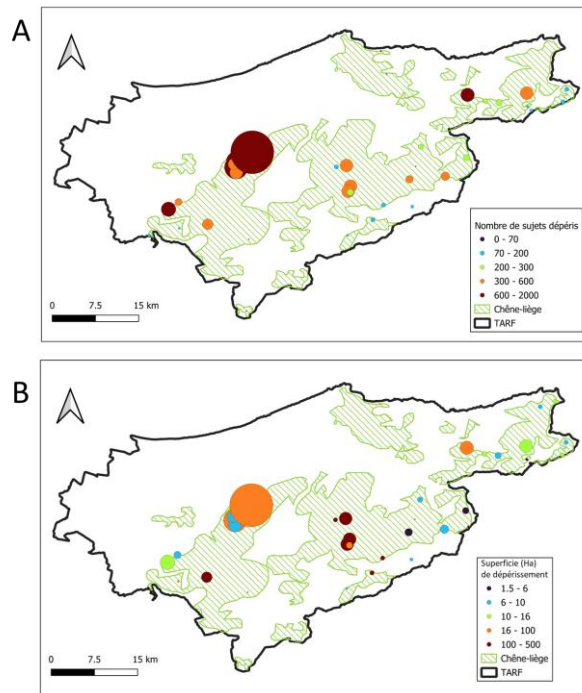


Figure 22. Evolution annuelle du dépérissement au niveau de la wilaya d'El Tarf.

Les distributions annuelles des taux de dépérissement confirmèrent cette trajectoire : les taux moyens passèrent de 4,3 % en 2015 et 2,8 % en 2017 à un maximum de 52,5 % en 2020, avant de décroître à 23,7 % en 2021, 17,1 % en 2022 et 0,6 % en 2025. La variabilité interfoyers fut particulièrement prononcée en 2021 et 2022, comme en attestaient les larges enveloppes des distributions en violon (Figure 23).

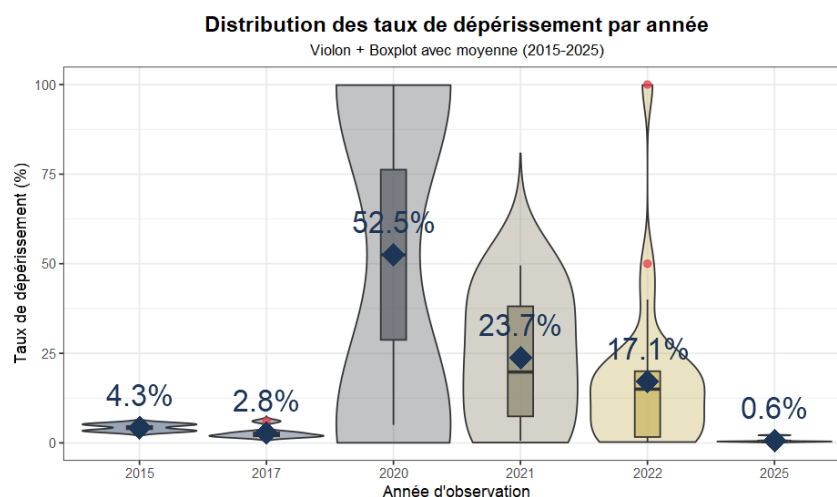


Figure 23. Boxplot illustrant les taux de dépérissement selon les années.

L'évolution temporelle du dépérissement sur la période 2015–2025 révéla une dynamique fortement non linéaire. Les surfaces dépéries demeurèrent faibles jusqu'en 2019, puis connurent

Résultat

une augmentation brutale en 2020–2021, atteignant un pic avec une surface déperie supérieure à 2 400 ha et une surface totale de peuplement affecté avoisinant 15 000 ha. Une décroissance sensible fut ensuite observée en 2022 (\approx 650 ha), suivie d'un quasi-retour aux niveaux initiaux en 2025 ($<$ 50 ha). Les distributions annuelles des taux de dépérissement confirmèrent cette trajectoire : les taux moyens passèrent de 4,3 % en 2015 et 2,8 % en 2017 à un maximum de 52,5 % en 2020, avant de décroître à 23,7 % en 2021, 17,1 % en 2022 et 0,6 % en 2025 (Figure 24).

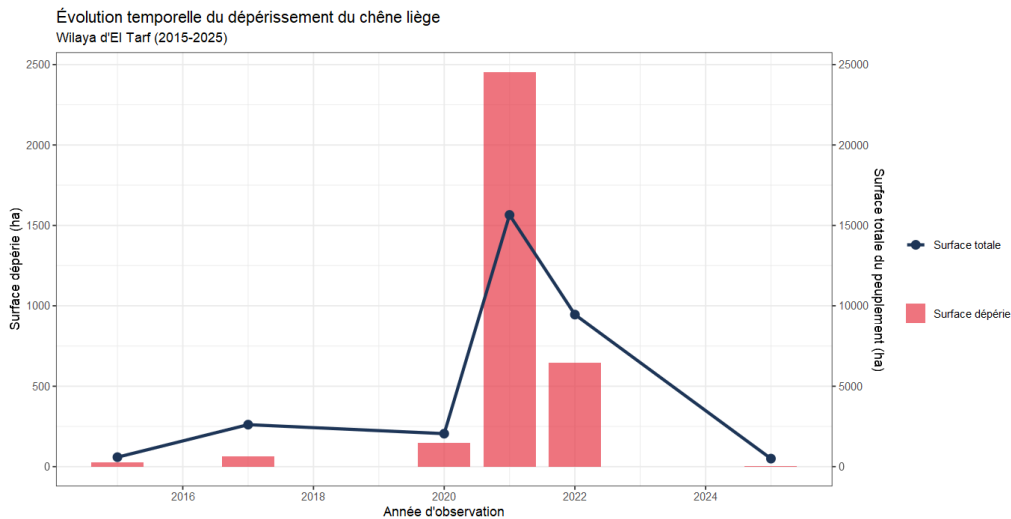


Figure 24. Evolution annuelle de la surface de chêne liège.

La commune de Zitouna se distingua nettement de l'ensemble des autres unités administratives, avec une surface totale déperie de 2 400 ha, soit plus de cinq fois celle de Hamma Beni Salah (455 ha), deuxième commune la plus affectée. L'analyse par forêt indiqua que le taux moyen de dépérissement atteignit 52,5 % dans la forêt de Beni Salah (commune d'El Kala) et 26,6 % dans la forêt de Zitouna, alors que la majorité des autres forêts présentèrent des taux inférieurs à 10 %. Cette forte disparité traduit une concentration spatiale du phénomène dans un nombre restreint d'unités forestières (Figure 25).

Résultat

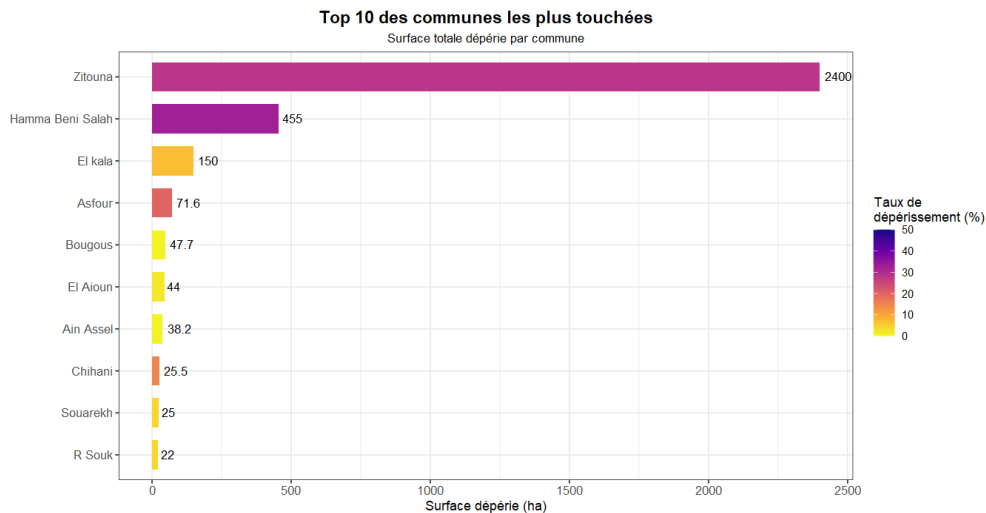


Figure 25. La relation entre les communes et la superficie du chêne liège déperie.

La comparaison des cartes NDVI entre 2017 et 2025 mit en évidence une régression générale des surfaces à végétation dense ($NDVI > 0,6$) au profit des classes de végétation modérée et faible. En 2025, les zones à végétation dégradée ou faible (teintes jaunes à orangées) occupèrent des superficies notablement plus importantes qu'en 2017, notamment dans les secteurs centraux et méridionaux des peuplements. La répartition des classes de déperissement issue du NDVI confirma, entre 2017 et 2024, une persistance des zones de classe 3 (état moyen, $NDVI 0,3-0,4$) et une légère extension des zones de classes 1 et 2 (états très sévère à modéré) dans certains secteurs (Figure 26).

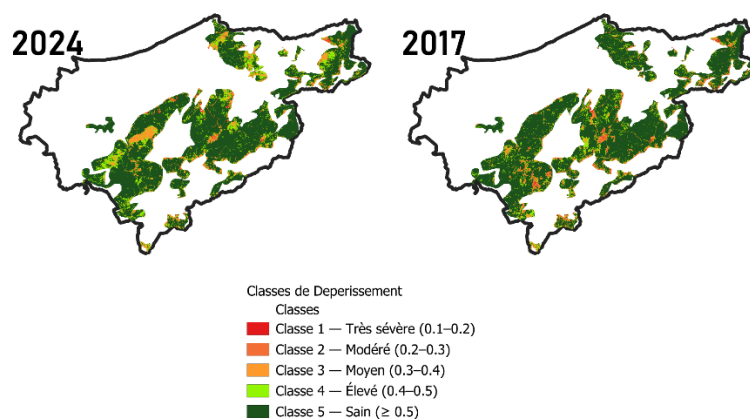


Figure 26. La répartition des classes de NDVI entre 2017 et 2024.

La carte de chaleur mit en évidence une forte hétérogénéité des taux moyens de déperissement entre les combinaisons forêt-commune recensées. La valeur la plus élevée fut

Résultat

enregistrée dans la forêt de Beni Salah, rattachée à la commune d'El Kala, avec un taux de 52,5 %, suivie de la forêt de Brabita dans la commune de Hamma Beni Salah (42 %) et de la forêt de Zitouna dans la commune éponyme (26,6 %). Des taux intermédiaires, compris entre 15 % et 20 %, furent relevés dans les forêts FD Beni Salah et FNF Chihani (commune de Chihani, 15 % chacune), FD Bouabed (commune de Bouhadjar, 17,5 %) et dans la forêt de la commune d'Asfour (20 %). La grande majorité des autres combinaisons forêt–commune présentèrent des taux inférieurs à 10 %, la plupart n'excédant pas 5 % (Souarekh–NAHED : 4,3 % ; R Souk–Oued Bougous : 4,4 % ; souarekh–souarekh : 1,4 % ; El Aioun–NAHED : 2,1 % ; Ben M'hidi–F.D Bou Abed : 6,7 % ; Ain kerma–Djabal Dyr : 5 %). Plusieurs communes, dont Bougous, El Tarf, zitouna et Ain Assel, enregistrèrent des taux inférieurs à 1 % dans leurs forêts associées. Cette distribution révéla une concentration spatiale du dépérissement sévère dans un nombre restreint de combinaisons forêt–commune, les forêts de Beni Salah, Brabita et Zitouna constituant les foyers les plus intensément affectés.

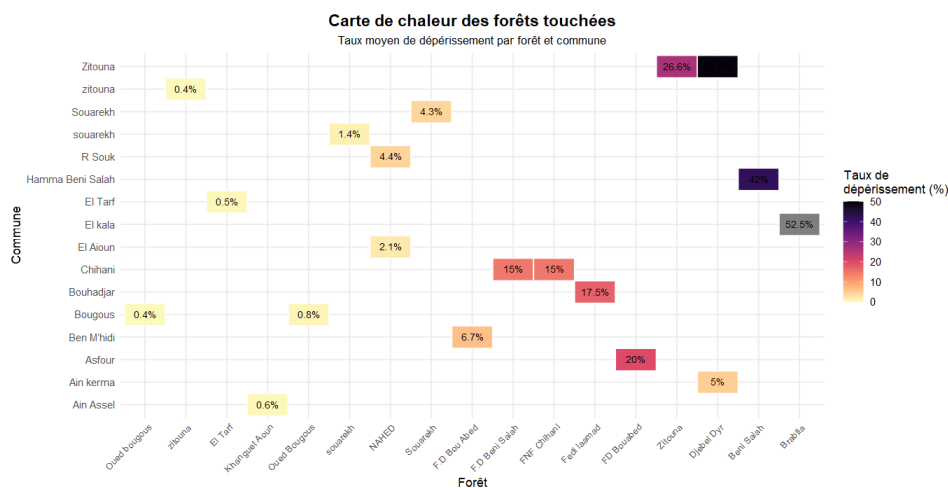


Figure 27. Heat map illustrant le taux de dépérissement par forêt et commune.

Le modèle GLM de Poisson appliqué à la relation entre l'âge du peuplement et le nombre de sujets dépéris révélés une tendance positive : le nombre de sujets dépéris augmentait avec l'âge du peuplement, les valeurs les plus élevées étant observées dans des peuplements âgés de 90 ans. Toutefois, la dispersion importante des observations autour de la courbe ajustée indiqua une variabilité résiduelle notable non expliquée par la seule variable âge (Figure 28).

Résultat

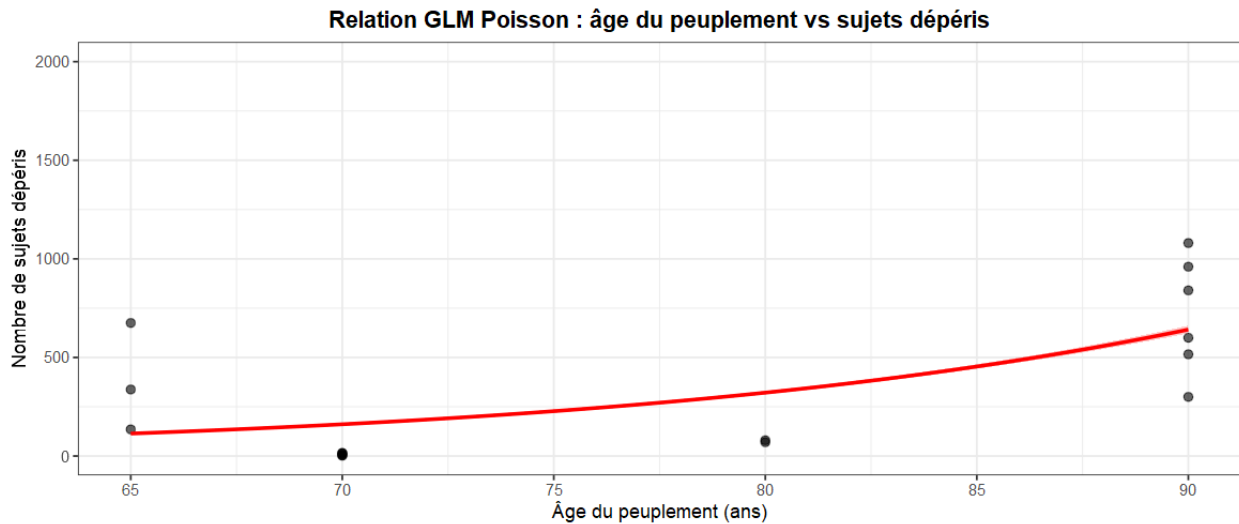


Figure 28. Un modèle linéaire généralisé illustrant le lien entre l'âge et le nombre des sujets dépéris.

Les biplots issus de l'ACP expliquèrent respectivement 27,5 % (Dim1) et 20,9 % (Dim2) de la variance totale (Figure 29). Pour la classification de dépérissement de 2017, les classes saines se distribuèrent principalement dans le quadrant positif de Dim2, associées aux vecteurs NDVI_2017 et, dans une moindre mesure, NDVI_2024 et Slope. Les classes modérées et sévères se regroupèrent dans le quadrant négatif de Dim2, avec une association notable aux vecteurs NDVI_change et NDVI_change_pct, traduisant une relation entre l'amplitude de la variation temporelle du NDVI et l'intensité du dépérissement. Les variables climatiques (Temp_mean, Precip_mean) et hydrologiques (TWI) se projetèrent dans le quadrant négatif de Dim1, montrant une association avec les sites présentant un dépérissement plus marqué. Pour la classification de 2024, la classe sévère présenta une ellipse de confiance élargie vers les valeurs négatives de Dim1, renforçant l'association entre les conditions thermiques et hydriques défavorables et les niveaux de dépérissement les plus élevés, tandis que la classe saine demeurerait associée aux valeurs positives des indices de vigueur végétale.

Résultat

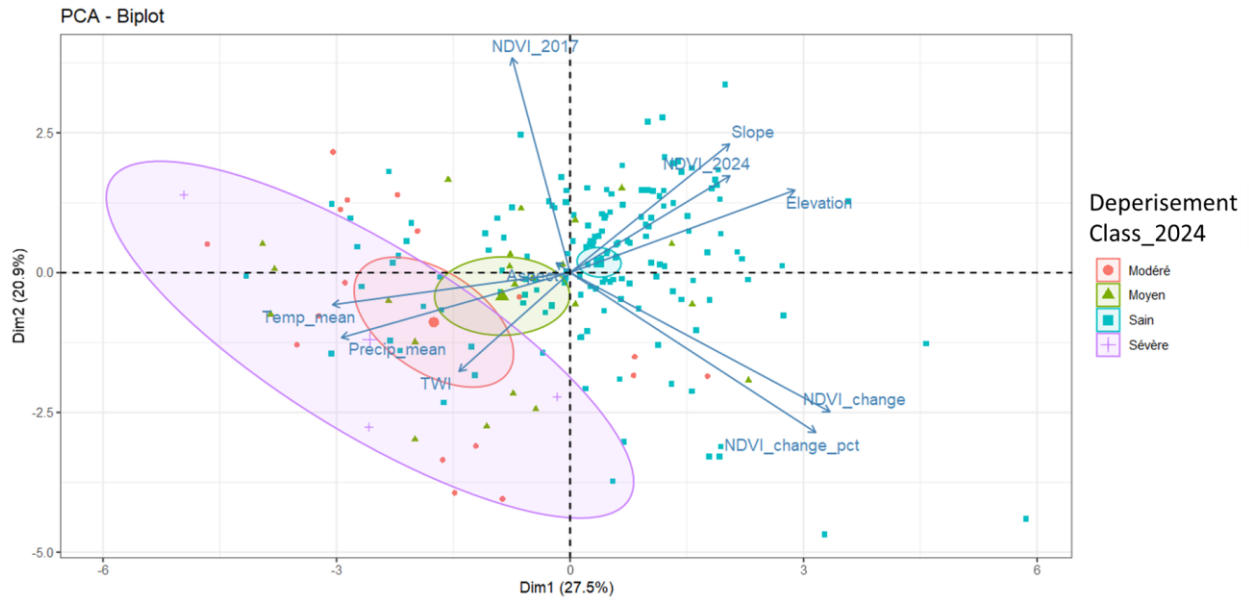


Figure 29. Analyse en composante principale (ACP) illustrant l'évolution du dépérissement à travers les années.

Discussion

Discussion

L'objectif de cette étude était de caractériser la dynamique spatiale et temporelle du dépérissement du chêne liège (*Quercus suber L.*) dans la wilaya d'El Tarf (Algérie) entre 2015 et 2025, en s'appuyant sur des indicateurs de terrain, des indices de végétation (NDVI) et des analyses multivariées. Nos résultats mettent en évidence une aggravation marquée du dépérissement entre 2020 et 2022, suivie d'une atténuation après 2023, ainsi qu'une forte hétérogénéité spatiale, la forêt de Beni Salah (El Kala) et celle de Zitouna constituant les foyers les plus sévères. Ces observations sont discutées à la lumière de la littérature récente sur le dépérissement des subéraies en Méditerranée, en particulier en Afrique du Nord.

Dynamique temporelle du dépérissement et stress climatique

La progression brutale du dépérissement entre 2020 et 2021, avec des taux atteignant 52,5 % à Beni Salah, coïncide avec une période de sécheresse sévère et de vagues de chaleur en Méditerranée occidentale. Selon Appiagyei et al. (2022), le bassin méditerranéen est considéré comme un « point chaud » du changement climatique, avec une augmentation des températures estivales et une diminution des précipitations projetées jusqu'à 40 % d'ici 2100. Ces conditions accentuent le stress hydrique des arbres, les rendant vulnérables aux attaques d'insectes et de champignons pathogènes. Touhami et al. (2020) rapportent qu'entre 1988 et 1995, une sécheresse prolongée en Tunisie (Kroumirie) a entraîné la mort de plus de 63 000 chênes lièges. Nos résultats montrent une ampleur comparable dans le nord-est algérien, mais sur une période plus courte (2020–2022), suggérant une intensification des épisodes secs. Le retour à des taux très faibles (< 1 %) en 2025 ne signifie pas un rétablissement de la santé des arbres, mais pourrait refléter la mortalité des arbres les plus faibles, laissant des peuplements plus résilients.

Hétérogénéité spatiale des foyers de dépérissement

La répartition non uniforme du dépérissement est un résultat marquant. Les forêts de Beni Salah (52,5 %), Brabita (42 %) et Zitouna (26,6 %) concentrent les taux les plus élevés, alors que la majorité des autres communes présentent des taux inférieurs à 5 %. Cette disparité est également observée par Younsi et al. (2021) en Algérie, qui soulignent le rôle des facteurs stationnels (altitude, pente, exposition) et des pratiques d'exploitation dans la vulnérabilité locale.

Dans notre étude, l'ACP montre que les classes sévères sont associées à des variations négatives du NDVI et à des conditions thermiques et hydriques défavorables. Ce résultat rejoint celui de Gharnit et al. (2025) dans le Haut Atlas marocain, où les chênes verts (*Quercus ilex*) les plus touchés se situent sur les versants sud (exposition solaire maximale) et dans les zones à faible pluviosité. Chez le chêne liège, Ennajah et al. (2024) montrent que la conductance hydraulique est significativement réduite dans les peuplements purs par rapport aux mélanges avec le chêne zéen, expliquant une moindre résistance à la cavitation.

Rôle des insectes xylophages et des champignons pathogènes

Nos relevés dendrométriques indiquent une corrélation positive entre l'âge élevé (> 90 ans) et le nombre de sujets dépéris, probablement parce que les vieux arbres présentent davantage de crevasses, de blessures de démasclage et de surfaces liégeuses déhiscentes.

Ces lésions constituent des portes d'entrée pour les insectes xylomycétophages, notamment *Platypus cylindrus* et *Xyleborus sp.*, qui creusent des galeries et introduisent des champignons

Discussion

de pourriture. Benjebbar et al. (2023) ont isolé *Biscogniauxia mediterranea* (agent du charbon de la mère) dans des forêts de chêne liège en Algérie occidentale (Djebel Saadia et Hafir) et confirment que ce champignon opportuniste se développe surtout sur des arbres déjà affaiblis par la sécheresse ou un démasclage excessif. Dans notre zone d'étude, la présence de suintements noirâtres (mentionnés dans les résultats) pourrait être le signe d'infections par ce pathogène, bien que des analyses mycologiques supplémentaires soient nécessaires pour confirmer son implication.

Absence d'effet allélopathique direct du pin maritime

Contrairement à certaines observations de terrain où le pin maritime (*Pinus pinaster*) semble envahir les subéraies dégradées, notre test de germination en laboratoire n'a révélé aucun effet inhibiteur significatif des macérats d'aiguilles ou du lixiviat de litière sur la germination des glands de chêne liège. Ce résultat est en accord avec Benamirouche et al. (2024), qui n'ont pas non plus trouvé d'effet allélopathique de *Pinus pinaster* sur *Quercus suber* dans une étude similaire en Algérie (forêt de Kissir). Ces auteurs suggèrent que l'invasion observée serait plutôt liée à une dégradation préalable du couvert (incendies, pâturage, coupes) et à une plus grande capacité de dispersion du pin, plutôt qu'à une exclusion chimique directe.

Impacts sur les services écosystémiques et implications pour la gestion

Le dépérissement massif des subéraies a des conséquences écologiques et socio-économiques majeures. Appiagyei et al. (2022) rappellent que les forêts méditerranéennes fournissent des services essentiels : régulation du climat, stockage de carbone, production de liège et de champignons, ainsi que tourisme récréatif. La régression de la végétation dense (NDVI > 0,6) observée entre 2017 et 2025 dans notre zone devrait entraîner une diminution de la séquestration de carbone et une augmentation de l'érosion des sols sensibles. En Tunisie, Laaribya (2023) note que la subéraie de la Maamora (Maroc) a perdu 35 % de sa surface entre 1952 et 2016 sous l'effet conjugué de la sécheresse, du surpâturage et des coupes illicites. Dans le nord-est algérien, nos résultats plaident pour une gestion adaptative incluant : (1) l'allongement des cycles de démasclage (≥ 12 ans) pour réduire le stress des arbres, (2) la conversion progressive des peuplements purs en peuplements mélangés chêne liège – chêne zéen, comme le recommandent Ennajah et al. (2024), et (3) des éclaircies pour diminuer la compétition hydrique, surtout sur les stations les plus sèches.

Limites de l'étude

Notre analyse repose sur des indicateurs visuels (défoliation, décoloration, NDVI) et ne comprend pas de mesures physiologiques directes (potentiel hydrique, conductance stomatique, vulnérabilité à la cavitation) ni d'isolement systématique des pathogènes fongiques. De plus, la période 2023–2025 étant marquée par un retour de pluies (clinogramme non montré dans cet extrait), il est possible que le dépérissement soit sous-estimé en raison de la reprise foliaire temporaire, sans que la vitalité profonde des arbres soit restaurée. Des suivis pluri-annuels incluant la dendroécologie sont nécessaires pour distinguer les effets de la sécheresse des effets différés des pathogènes.

Discussion

Conclusion générale

Cette étude a permis d'analyser le phénomène de dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) dans la wilaya d'El Tarf durant la période 2015–2025. Les résultats obtenus mettent en évidence une augmentation importante du dépérissement entre 2020 et 2022, suivie d'une diminution progressive après 2023. L'analyse spatiale a montré que les forêts de Beni Salah, Brabita et Zitouna constituent les foyers les plus affectés, traduisant une forte hétérogénéité dans la répartition du phénomène.

Les données recueillies ont également révélé que les peuplements les plus âgés présentent une plus grande sensibilité au dépérissement, tandis que les analyses du NDVI ont confirmé une dégradation progressive de la vigueur du couvert forestier dans plusieurs secteurs de la wilaya. Les analyses statistiques et multivariées ont montré que le dépérissement est étroitement lié aux conditions climatiques défavorables, notamment les épisodes répétés de sécheresse et l'augmentation des températures.

Par ailleurs, les facteurs biotiques tels que les insectes ravageurs et les champignons pathogènes jouent un rôle aggravant en profitant de l'affaiblissement physiologique des arbres. Les activités humaines, notamment les incendies, le surpâturage, les dépôts sauvages de déchets et certaines pratiques sylvicoles inadaptées, contribuent également à la fragilisation des subéraies.

Ainsi, le dépérissement du chêne-liège dans la wilaya d'El Tarf apparaît comme un phénomène complexe résultant de l'interaction entre facteurs climatiques, biologiques et anthropiques. Face aux changements environnementaux actuels, la préservation de ces écosystèmes forestiers nécessite la mise en œuvre de stratégies de gestion durable afin de maintenir leur rôle écologique, économique et social.

Discussion

Recommandations

À la lumière des résultats obtenus, les recommandations suivantes sont proposées :

- Renforcer le suivi sanitaire des peuplements de chêne-liège afin de détecter précocement les foyers de dépérissement.
- Mettre en place un système permanent de surveillance utilisant les outils de télédétection et les indices de végétation (NDVI).
- Réaliser des inventaires réguliers des insectes ravageurs et des agents pathogènes responsables de la dégradation des arbres.
- Favoriser les opérations sylvicoles adaptées visant à réduire la compétition entre les arbres et à améliorer leur vigueur.
- Encourager la régénération naturelle et les programmes de reboisement dans les zones les plus touchées.
- Développer des peuplements mixtes associant le chêne-liège à d'autres essences forestières mieux adaptées aux conditions climatiques futures.
- Renforcer la lutte contre les incendies de forêt par l'entretien des pare-feux et l'amélioration des dispositifs de prévention.
- Limiter les pressions anthropiques telles que le surpâturage, les décharges sauvages et les coupes illégales.
- Sensibiliser les populations locales à l'importance écologique et économique des subéraies.
- Encourager les recherches scientifiques portant sur les effets du changement climatique et les mécanismes de résistance du chêne-liège afin d'améliorer les stratégies de conservation.

En définitive, la protection et la gestion durable des subéraies d'El Tarf constituent une priorité pour assurer la conservation de ce patrimoine forestier exceptionnel et préserver les nombreux services écosystémiques qu'il fournit aux générations futures.

Liste des abréviations

Abréviation Signification

ACP Analyse en Composantes Principales

APCOR Associação Portuguesa da Cortiça

C. liège Chêne-liège (*Quercus suber* L.)

CF Conservation des Forêts

DGF Direction Générale des Forêts

DHP Diamètre à Hauteur de Poitrine

FAO Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FNF Forêt Nationale Forestière

GLM Modèle Linéaire Généralisé (Generalized Linear Model)

GPS Global Positioning System

ha Hectare

IDHS Indice de Développement Humain et Social

IFN Inventaire Forestier National

INRF Institut National de Recherche Forestière

NDVI Indice de Végétation par Différence Normalisée (Normalized Difference Vegetation Index)

O.N.M. Office National de la Météorologie

PCA Principal Component Analysis (Analyse en Composantes Principales)

PFNL Produits Forestiers Non Ligneux

Qx Quintaux

RAMSAR Convention internationale relative aux zones humides

SIG Système d'Information Géographique

SNAT Schéma National d'Aménagement du Territoire

SNADDR Schéma National d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire

TWI Topographic Wetness Index

UTM Universal Transverse Mercator

Références

- Ilen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J. H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A., & Cobb, N. (2010). *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684.
- Aouadi, A. (1989). *Contribution à l'étude bioclimatique du Nord-Est algérien*. Université d'Annaba.
- Azéma, C. (2004). *La végétation du Maghreb*. CNRS Éditions.
- Bekdouche, F. (2010). *État des subéraies algériennes et perspectives de gestion*. Direction Générale des Forêts.
- Ben Tiba, B., & Reille, M. (1982). Pollen analysis and Quaternary history of cork oak. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 37, 227–244.
- Bonnier, G. (1990). *La grande flore en couleurs*. Belin.
- Bouhraoua, R. T. (2003). *Le chêne-liège en Algérie : écologie, sylviculture et perspectives*. INRF.
- Bouhraoua, R. T. (2013). *Les subéraies algériennes : état actuel et perspectives*. Institut National de Recherche Forestière.
- Bouhraoua, R. T., Varela, M. C., & Pinto-Correia, T. (2014). État des subéraies algériennes et valorisation du liège. *Forêt Méditerranéenne*, 35(2), 123–132.
- Boudy, P. (1952). *Guide du forestier en Afrique du Nord*. La Maison Rustique.
- 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.
- Camus, A. (1938). *Les chênes : monographie du genre Quercus*. Paul Lechevalier.
- Catry, F. X., Moreira, F., Duarte, I., Acácio, V., & Fernandes, P. M. (2012). Cork oak vulnerability to fire. *Forest Ecology and Management*, 270, 5–16.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press.
- Direction Générale des Forêts (DGF). (2012). *Inventaire forestier national*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- FAO. (2013). *State of Mediterranean Forests*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Frochot, H., & Lévy, G. (1986). Régénération naturelle du chêne-liège. *Revue Forestière Française*, 38(4), 285–298.
- Kremer, A., Petit, R. J., & Ducouso, A. (2002). Biogeography of oaks in Europe. *Annals of Forest Science*, 59(5–6), 533–543.
- Manos, P. S., & Stanford, A. M. (2001). The historical biogeography of Fagaceae. *International Journal of Plant Sciences*, 162(6), S77–S93.
- Moreira, A. C., & Martins, J. M. S. (2005). Influence of site factors on cork oak decline. *Forest Pathology*, 35(3), 145–162.
- Natividade, J. V. (1956). *Subericultura*. Ministério da Economia, Portugal.
- Pausas, J. G., Pereira, J. S., Aronson, J., & Bugalho, M. N. (2009). The cork oak ecosystem and its management. *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1117–1123.
- Pereira, H. (2007). *Cork: Biology, Production and Uses*. Elsevier.
- Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (2008). *Flore forestière française*. Institut pour le Développement Forestier.
- Sauvage, C. (1961). *Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines*. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien.
- Seigue, A. (1985). *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes*. Maisonneuve et Larose.
- Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L. A., Ennajah, A., & Belkhodja, M. (2013). Effets des facteurs environnementaux sur le dépérissement forestier en Algérie. *Sécheresse*, 24(3), 219–227.
- Zeraia, L. (1981). *Étude phytosociologique des subéraies algériennes*. Université d'Alger.
- Zeraia, L. (1983). *Les formations à chêne-liège en Algérie*. OPU.
- Zeller, R. (1959). *Le chêne-liège et son exploitation*. Éditions Forestière