

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT :

SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

N°.....



DOMAINE : BIOLOGIE

FILIERE : ECOLOGIE

OPTION : ECOLOGIE DES MILIEUX

NATURELS

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : - Ahmed Ranya

- Kadiri Yasmine

- MEKKI Noureddine

Intitulé

Etat mécanique et sanitaire de peuplement du Pin d'Alep dans
la forêt de Djebel Messaad (M'SILA)

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. NOUIDEM Yacine

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Pr. BOUNAR Rabah

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Pr. GHADBANE Mouloud

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

Année universitaire : 2022 /2023

DEDICACE

**Alhamdulillah, d'abord et avant tout, car il a redressé mon esprit, illuminé mon chemin et m'a guidé vers le succès.*

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, je dédie ce travail :

A mes très chers **parents, sans eux je n'ai pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leurs amours et leurs encouragements durant pendant tous mon parcours scolaire.*

A mon cher **Mari Noureddine, en signe d'amour et de gratitude pour son soutien constant et sa compréhension à mon égard depuis toujours, pour ses encouragements et sa bienveillance sans lui, je n'aurais pas pu avancer et parvenir ensemble à l'aboutissement de ce travail qui nous appartient ensemble*

A sa belle **Maman Zohra qui nous accompagnait toujours de ses prières*

sans oublier **ma grand-mère et toute la famille*

Ahmed Ranya



DEDICACE

C'est grâce à *dieu* الله le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour achever ce travail que je dédie :

~ premièrement mon *Cher père* Saad et ma chère mère Naïma, pour leur sacrifice et leur soutiens tout on Long études

~ A mes abordable frère et sœurs : Imad, Nesrine et Aya

~ A mon très cher mari Salih

~ A mon bébé d'amour ma fille Israa Liliane

~ A toute ma grand famille : Kadiri, Bengesmia, Salmi

~ A tous la spécialité E.M.N

Kadiri Yasmine





Remerciements

*Alhamdolillah , d'abord et avant tout,
Tous nos remerciements et gratitude au professeur
superviseur Pr. **BOUNAR Rabah** pour les conseils
et l'orientation.*

*Ainsi que le jury pour discuter notre thème de
mémoire de fin d'études. Avec le plus grand respect
et appréciation :*

*Pr : **NOUIDJEM** Yacine président*

*Pr: **GHADBANE** Mouloud examinateur*

SOMMAIRE

-Introduction

-Liste des abréviations

-Listes des figures

Listes de tableaux

Chapitre I : Synthèse bibliographique

| | |
|---|-----------|
| I. Description générale du pin d'Alep | 17 |
| 1. Systématique de <i>Pinus halepensis</i> Mill | 17 |
| 2. Aire de répartition naturelle du pin d'Alep | 17 |
| 2.1. Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde | 17 |
| 2.2. Aire de répartition en Algérie | 18 |
| 3. Plasticité écologique | 19 |
| 4. Phénologie de l'espèce La phénologie | 19 |
| 5. Caractéristiques botaniques du <i>Pinus halepensis</i> | 20 |
| 6. Caractéristiques forestières | 22 |
| II. Structure des peuplements forestiers dans la pratique forestière | 22 |
| 1. Attributs structuraux | 23 |
| 1.1. Description de la structure d'un peuplement forestier | 24 |
| 1.2. Attributs structuraux fréquemment utilisés | 24 |
| 1.2.1. Variation de dimensions d'arbres | 24 |
| 1.2.2. Distribution en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers | 25 |
| 1.2.3. Diamètre des arbres | 25 |
| 1.2.4. Distribution en classes de Diamètre à 1.30 m | 25 |
| 1.2.5. Distribution en hauteur des arbres | 25 |
| 2. Diversité spécifique | 26 |

Chapitre II : Matériel et méthodes

| | |
|--|-----------|
| I. Description de la zone d'étude..... | 29 |
| 1-1- Relief de la zone d'étude | 30 |
| 1-2-Géologie de la région d'étude | 30 |
| 1-3- Pédologie | 31 |
| 1-4- Les activités de la région | 31 |
| 1-5-Les ressources en eau dans la zone de Djebel Messaad | 32 |
| 1-6- Climat de la zone étudiée | 33 |

| | |
|--|----|
| 1-6-1- La température | 33 |
| 1-6-2- Les précipitations | 34 |
| 1-6-3- Le vent | 35 |
| 1-6-4- Humidité | 36 |
| 1-6-5-Evaporation | 36 |
| 1-6-6- Gelées et Neige | 37 |
| 1-6-7- Synthèse climatique de la zone d'étude | 38 |
| A- Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen et Bagnouls | 38 |
| B-Climagramme d'Emberger | 38 |
| 2-Conclusion | 40 |
| II. Matériel de travail | 42 |
| 2. Méthodologie | 42 |
| 2-1-Choix des parcelles | 42 |
| 2-2-Choix des individus | 43 |
| 2-3- Mesures des paramètres dendrométrie | 44 |
| A. Mesure de la circonférence à 1.30 m du sol | 44 |
| B. Mesure de la hauteur des arbres | 44 |
| 2-4-Evaluations de l'état sanitaire du Pin D'Alep | 45 |
| 2-5-La description des conditions d'observation | 45 |
| Chapitre III : Résultat et discussion : | |
| 1-1-Distribution de la densité des arbres | 49 |
| 1-2-Corrélation (Répartition/Distribution) | 50 |
| 2. Analyse des caractéristiques dendrométriques des arbres de Pin d'Alep | 50 |
| 2 -1- Distribution des circonférences des arbres | 50 |
| 2-2-Distribution de la hauteur des arbres de Pin d'Alep | 51 |
| 2.3Corrélation (Hauteur/circonférences) | 51 |
| 3. Evaluation de l'état sanitaire des arbres de Pin d'Alep | 52 |
| 3-1 Etat du houppier | 52 |
| 3-2- Visibilité du houppier | 53 |
| 3-3-Le statut social du houppier | 53 |
| 3-4- Couleur des feuilles | 54 |
| 3-5-Fructification | 54 |
| 4. Evaluation de l'état mécanique du bois | 55 |
| 4-1-Présence des défauts de bois | 55 |
| 4-2- Nature des défauts de bois | 56 |

| | |
|---|----|
| 4-2-1-Le nœud | 56 |
| 4-2-2-La Gélivure | 56 |
| 4-2-3-Fibre torse | 57 |
| 4-3- Les insectes | 57 |
| 4-4-Dégâts forestiers et lutte environnementale | 58 |
| 4-5- Couleur du bois | 59 |
| 5. Conclusion | 60 |
| -Résumé | |
| -Référence bibliographique. | |

Liste des figures

- Figure 1. Répartition de pin d'Alep dans le monde (Caudullo et al., 2017).
- Figure 2. Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006).
- Figure 3.A : Aiguilles (2023)
- Figure 3. B : Ecorces (2023)
- Figure 3.C : Cônes (2023)
- Figure 3.D : Tronc (2023)
- Figure 04: Carte administrative du Sud de M'Sila avec présentation de zone d'étude
- Figure 05: Carte géologique de la wilaya de M'sila avec présentation de zone (A.N.R.H , 2005).
- Figure 06: Courbes des températures mensuelles (maximales, minimales et moyenne) durant la période de (2000 /2016) .
- Figure 7: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).
- Figure 8 : Variations des vitesses moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).
- Figure 9 : L'humidité moyenne mensuelle en (%) de la région de Boussaâda durant la période (2000-2016).
- Figure 10 : Evaporation de la station de Djelfa durant la période (2000-2016)
- Figure 11 : Gelée et Neige de la station de Djelfa durant la période (2000-2016)
- Figure 12: Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude (2000-2016).
- Figure 13: Climagramme D'EMBERGER avec une représentation de l'emplacement du climat de la zone d'étude durant la période qui s'étale entre 2000 et 2016
- Figure 14. Délimitation des parcelles dans la forêt de Pin D'Alep (2023)
- Figure 15. Méthode d'échantillonnage des arbres dans les parcelles.
- Figure 16. Mesure de la circonférence d'un arbre (2023)
- Figure 17. Mesure de la hauteur des arbres (2023)
- Figure 18. Répartition de nombre de pied de Pin d'Alep selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad
- Figure 19 : Distribution des pieds des arbres selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad
- Figure 20. Répartition du nombre de pied d'arbres par classe de circonférence de la pinède de Djebel Messaad
- Figure 21 . Répartition du nombre de pied d'arbres par classe de hauteur selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad
- Figure 22. Distribution des arbres de Pin d'Alep selon l'état du houppier
- Figure 23 . Distribution des arbres de Pin d'Alep selon le niveau de visibilité

Figure 24 . Distribution des arbres de Pin d'Alep selon le statut social.

Figure 25. Spectre de la distribution des arbres de Pin d'Alep selon la couleur des feuilles

Figure 26 . Spectre de distribution des arbres de Pin d'Alep selon la fructification

Figure27. Variation de la présence des défauts des arbres de Pin d'Alep selon les parcelles

Figure 28 : photo (2023)

Figure 29 :photo (2023)

Figure 30 : Spectre du taux de répartition de la nature de défauts dans l'ensemble des parcelles

Figure 31 : Spectre du taux de présence de la chenille processionnaire dans l'ensemble des parcelles

Figure 32. Spectre de distribution des arbres de Pin d'Alep selon la couleur du bois dans l'ensemble des parcelles.

Liste des tableaux

Tableau 01: Les cantons de Djebel Messaad et Boussaâda.

Tableau02: Répartition des zones agricoles dans la commune de Djebel Messaad en hectares:
Saison agricole (2015/2016)

Tableau03: Elevages des animaux dans la commune de Djebel Messaad

Tableau 04: Elevage des poules

Tableau 05: Les ressources d'eaux de la zone de Djebel Messaad

Tableau 06: Les températures moyennes mensuelles, minimales et maximales (°C).

Tableau 07: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Tableau 08 : L'humidité moyenne mensuelle en (%) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Tableau 09:Evapotranspiration en (mm) de la région de Djelfa durant la période (20002016).

Tableau 10:Le nombre moyens des jours de gelées et le neige par mois de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Tableau 11: Valeurs du quotient pluviothermique de la région d'étude.

Tableau 12. Les coordonnées géographiques des parcelles de pin d'Alep.

Tableau 13 : Les cinq classes sanitaires du protocole DEPEFEU (Nageleisen, 2000)

Tableau 14 : Les niveaux de visibilité utilisés pour le houppier évaluable.

Tableau 15 : Classes de statut social des arbres.

Tableau 16 : protocole de DEPEFEU synthétique pour les parcelles des résineux.

Tableau 17 : les niveaux de fructification.

INTRODUCTION

Introduction :

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est considéré comme une composante principale et essentielle de la forêt méditerranéenne et représente un capital forestier de grande valeur par la majorité des pays du pourtour méditerranéen et plus particulièrement en Algérie (Boudy, 1950 ; Nahal, 1962). Le pin d'Alep est parmi les espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, de leurs aptitudes à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (Zavala et Zea, 2004).

En Algérie le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées au nord, soit environ 850 000 ha. Il forme des forêts importantes dont les valeurs écologiques sont variables (Bentouati, 2006 ; Guit, 2015). Il est localisé en grande partie à l'état naturel dans les régions de l'est et du centre du pays principalement sur les Atlas, tellien et saharien (Guit, 2015). Cette espèce qui est présentée dans tous les étages bioclimatiques, depuis le littoral jusqu'à l'Atlas saharien, trouve son optimum de croissance essentiellement en zone semi-aride (Kadik, 2005 ; Djerrad, 2016). Sa grande plasticité et son tempérament robuste ont fait d'elle une essence pionnière de grand reboisement (Quézel, 2002 ; Kadik, 2005 ; Guit, 2015 ; Djerrad, 2016).

Depuis plusieurs décennies, le pin d'Alep dans les zones arides et semi arides a subi de sévères dégradations dues aux effets des pressions d'origine anthropique croissantes (coupes illicites, surpâturage, incendies) et climatiques (sécheresses successives et prolongées) causant ainsi la régression de cette essence forestière (Bentouati, 2006 ; Rached-Kanouni et al., 2020).

Le massif forestier de Djebel Messad constitue l'une des principales forêts naturelles de pin d'Alep des zones semi-arides de l'Atlas saharien algérien (Hani et al., 2020 ; Hani et al. 2021). Face à la désertification qui menace le nord algérien, ce massif forestier est parmi les dernières barrières naturelles contre l'avancée du désert (Hani et al., 2021). Cependant, cette barrière naturelle a été quelque peu façonnée par l'homme depuis longtemps pour la satisfaction de ses besoins.

Pour mieux appréhender la dégradation des écosystèmes forestiers qui est d'ordre naturel et anthropique, l'étude de la végétation paraît très indiquée. En effet, la flore et la végétation d'une région sont le résultat d'un long processus de sélection naturelle sous l'action du climat, des conditions édaphiques et topographiques, sans oublier les activités anthropiques (Adedire, 2002 ; Orthmann 2005; Parmentier, 2005).

Une connaissance précise des ressources forestières existantes, ainsi que leur évolution devrait porter essentiellement sur la composition floristique, sur la structure et sur la régénération des essences à valeur, d'où la nécessité de réaliser un inventaire forestier.

Les études de la variabilité géologique, écologique, climatique, morphologique et dendrologique ont fait l'objet de nombreux travaux scientifiques dans plusieurs pays méditerranéens et en Algérie (Nahal, 1962 ; Debazac et Tomassone, 1965 ; Kadik, 1984 ; Spencer, 1985 ; Bariteau, 1992 ; Meddour, 1992 ; Safar, 1994 ; Nicault, 1999 ; Bentouati, 2006 ; Guit, 2015 ; Djerrad, 2016 ; Sarmoum et al. 2016 ; Hani et al., 2020 ; Hani et al., 2021). D'autres études ont été également menées sur la variabilité chimique des métabolites et des huiles essentielles du pin d'Alep (Schiller et al., 1986 ; Dob et al., 2007 ; Abi-Ayad et al., 2011 ; Djerrad, 2016).

A la suite du rapport Brundtland qui a mis en exergue la notion de développement durable, il faut dorénavant orienter les considérations de la production de la pinède comme intégrant toutes les fonctions tant économiques qu'écologiques, sociales et humaines. A l'instar des espèces forestières, le pin d'Alep reste peu étudié sur le plan économique en Algérie. Ce manque d'informations constitue un handicap, quand il s'agit d'évaluer correctement cette espèce. Un diagnostic complet permet de ce fait de définir les aptitudes et les potentialités forestières de cette essence dans son milieu et de préciser la meilleure façon de la mettre en valeur.

L'objectif de ce travail est de constituer une base de données de référence et d'évaluer systématiquement la viabilité de pin d'Alep dans la forêt de Djebel Messaad .

Les objectifs spécifiques à atteindre qui découlent de cet objectif général sont donc de :

- Connaître la qualité de la forêt de pin d'Alep de Djebel Messaad (état sanitaire, structure, état mécanique, état actuel,...).
- Identifier et ordonner par ordre de menaces les pressions présentes qui empêchent le développement et la continuité de l'espèce à croître dans ce massif forestier.
- Valorisation du reboisement de cette espèce.
- Etablir une stratégie de gestion durable de l'écosystème (proposer un plan d'aménagement simplifié en fonction de l'état écologique actuel et la tendance future de l'écosystème), conciliant la conservation et la valorisation de pin d'Alep.

Le présent travail comporte quatre chapitres :

- Le premier (synthèse bibliographique) donne un aperçu général sur le sujet (collecte des informations sur le sujet).
- Le deuxième (cadre physique) parle en général sur le site d'étude et sur les méthodes et les stratégies utiles pour la réalisation du sujet
- Le troisième (matériel et méthodes) est consacrée à décrire la zone d'étude, les parcelles traitées, les techniques employées et les méthodes statistiques utilisées pour l'interprétation et le traitement des données (mesures : la structure, paramètres mécaniques, paramètres sanitaires).
- Le quatrième (résultats et discussion), les résultats obtenus sont statistiquement analysés et discutés.

Et enfin, une conclusion permettant de tirer, synthétiser et expliquer les évolutions et les tendances dévoilées par les divers tests statistiques en fonction des données quantitatives des différentes caractéristiques étudiées, suivie de quelques recommandations et perspectives

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I. Description générale du pin d'Alep :

1. Systématique de *Pinus halepensis* Mill :

Pin de Jérusalem, pin blanc (Provence), Aleppo pine, ce pin fut décrit pour la première fois par DuRoi en 1755, sous le nom de *Pinoshierosoliviitana*. Plus tard, Miller l'a réécrit en 1768 sous le nom de *Pinus halepensis* Mill. (Nahal, 1962). *Pinus halepensis* Mill. Appartient au sous règne des Tracheobionta, à l'embranchement des Spermaphytes, au sous-embranchement des Gymnospermes, à la classe des Pinopsida, à l'ordre des Coniferales et au sous-famille des Pinoideae, au genre *Pinus* (Camus, 1914). Ce genre est représenté essentiellement par deux espèces *Pinus halepensis* Mill. et *Pinus brutia* Ten. (Lieutaghi, 2004).

La systématique du pin d'Alep établie par Farjon (1996) se résume comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyta

Sous-embranchement : Gymnospermae

Classe : Pinopsida

Ordre : Abietales

Famille : Pinaceae (Abietaceae)

Sous-famille : Pinoideae

Genre : *Pinus*

Sous-genre : *Eupinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

2. Aire de répartition naturelle du pin d'Alep :

2.1. Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde :

Il est intéressant de signaler que le pin d'Alep n'existe pas à l'état naturel dans la région d'Alep en Syrie (Nahal, 1962). Cette espèce est largement répandue sur le pourtour méditerranéen (Figure 1). Ces forêts occupent au total plus de 3,5 millions d'hectares qui sont réparties dans certains pays comme suit : - En Algérie, le pin d'Alep est fréquent sur tous les massifs montagneux, du tell littoral jusqu'à l'Atlas saharien ; selon Kadik (1987), la superficie de cette essence approche 850 000 hectares. - En Tunisie, il couvre une superficie de 340 000 hectares, et colonise essentiellement les Monts de la dorsale tunisienne (Souleres, 1969).

Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané, il occupe une superficie de 65 000 ha répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du haut Atlas (Quezel, 1986 ; Bentouati, 2006). - En Espagne, il est très bien développé constituant 15% de la superficie boisée (Montéro, 2000). - En France, la surface des peuplements de pin est passée de 36 000 ha à 232 000 ha en un siècle (Brochiero et al., 1999). - En Italie, le pin d'Alep couvre environ 20 000 ha et reste à proximité des côtes (Seigue, 1985).



Figure 1. Répartition de pin d'Alep dans le monde (Caudullo et al., 2017).

2.2. Aire de répartition en Algérie :

En Algérie, le pin d'Alep est présent dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (Figure 2). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers. Il est présent partout, d'est en ouest allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de l'Atlas Saharien. Son optimum de croissance et de développement se situe au niveau des versants nord de l'Atlas saharien où il constitue des forêts importantes et on peut citer à l'est, les grands massifs de Tébessa avec leurs 90 000 ha,

celui des Aurès à plus de 100 000 ha constitués principalement par les pinèdes des BéniImloul (72 000 ha), des OuledYagoub et celle des Béni Oudjana (Bentouati, 2006). Au centre du pays, on peut signaler les forêts de Médéa Boghar, de Theniet El Had qui totalisent respectivement 52 000 et 47 000 hectares et les vieilles futaies des Monts des Ouled Nail dans la région de Djelfa (Gaouas et al., 1997 ; Bentouati, 2006). A l'ouest du pays, en Oranie, on peut trouver de vastes massifs concentrés dans les régions de Bel Abbés, de Saida et de l'Ouarsenis (Quezel et Barbero, 1992 ; Mezali, 2003).

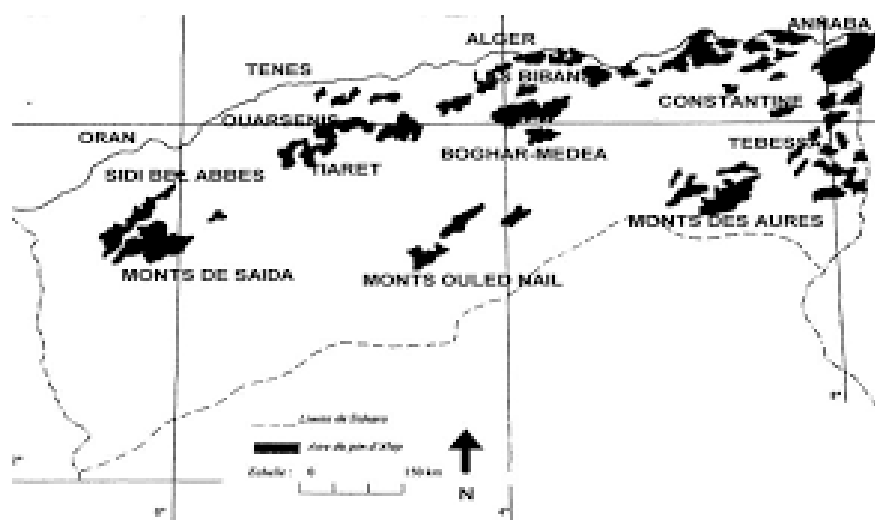


Figure 2. Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006).

3. Plasticité écologique :

Le pin d'Alep est une des essences méditerranéenne qui offre une plasticité écologique, puisqu'il a réussi à coloniser tous les substrats et également présent dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéenne (Quezel, 1986 ; Kadik, 2005). Le pin d'Alep pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle qu'elle présente son développement optimal. Cependant, même si le pin d'Alep est indifférent à la quantité des précipitations, il n'en reste pas moins, parmi les essences provençales, celle qui est la mieux adaptée à la sécheresse (Kadik, 2005 ; Djerrad, 2016).

Un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep est la température. On le rencontre dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19°C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minimas du mois le plus froid comprises entre -3 et +10°C ; d'après Quezel (1985), ce paramètre constitue sa présence et sa distribution, des températures inférieures à sa limite de -3°C constituent l'un des principaux facteurs pour le développement de la survie de l'espèce. Le pin d'Alep peut supporter des froids accidentels de -15 à -18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de courte durée (Nahal, 1962).

Au point de vue sol, le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, les schistes ou les micaschistes. On ne le trouve pas, par contre, sur les granites ou les gneiss.

En fait, le pin d'Alep semble indifférent à la nature de la roche mère, mais semble s'installer préférentiellement sur les substrats meubles ou friables (Loisel, 1976).

On trouve également le pin d'Alep sur des sols très variés qui vont des lithosols (recolonisation d'éboulis par exemple) aux sols évolués profonds (recolonisation de terrasses par exemple). Si la profondeur du sol est directement corrélée au niveau de production des peuplements, il n'existe pas, par contre, de relation entre cette profondeur et la présence ou l'absence de pin d'Alep (Abbas et al., 1985).

En ce qui concerne sa tolérance en rapport avec la chimie des sols, le pin d'Alep est une essence calcicole qui supporte des taux importants de calcaire (Marion et Poupon, 1974), atteignant 90% de calcaire total et 40% de calcaire actif (Loisel, 1976).

En plus de sa plasticité, le pin d'Alep présente aussi une particularité de supporter un déficit hydrique important et prolongé, ce qui lui confère une bonne résistance à la sécheresse surtout en période estivale (Bariteau, 1992).

4. Phénologie de l'espèce La phénologie :

Est la science ayant pour objet l'étude des phénomènes saisonniers qui marquent la vie des plantes et des animaux tout au long de l'année. Pour les plantes par exemple, il s'agit de l'apparition et de l'éclatement des bourgeons, de la date de floraison, des débuts et arrêts croissance des rameaux, de l'apparition, du déploiement, du jaunissement et de la chute des feuilles, de la formation, des changements de couleur, de la maturité et de la chute des fruits, etc. Dès 1875-80, le Service de la Météorologie Française, les services forestiers et des jardins botaniques ont ainsi mis en place des réseaux nationaux de suivi phénologique destiné à fournir des indices à mettre en relation avec les données météo. Ces réseaux ont malheureusement été abandonnés au milieu du XX^e siècle (Chuine, 2005a).

Si la phénologie des plantes est clairement liée au climat (Differt, 2001; Lebourgeois et al., 2008), cette relation dépend de l'espèce, de sa variabilité génétique et de sa sensibilité à différents facteurs météorologiques: ainsi certaines espèces dépendent plus de la pluie, d'autres de la

température, certaines sont plus sensibles aux limites imposées par le froid en hiver ou par la chaleur au printemps. Pour une espèce donnée cette dépendance thermique peut varier en fonction de sa situation par rapport aux limites de son aire de répartition (Morin et al., 2007). Sur le réseau d'observation français RENECOFOR, Lebourgeois et al. (2007) montrent les relations entre différentes variables climatiques et le comportement des principales espèces.

Il a été par exemple émis l'hypothèse que le développement épidémique récent du chancre à *Crumelopsis* sur pin d'Alep (Martinez, 2002) pouvait être lié au réchauffement du printemps qui favoriserait le développement plus précoce de ce champignon pathogène, à un moment où les conditions d'humidité et la fréquence des pluies sont plus élevées, donc plus favorables. Les observations phénologiques constituent la méthode la plus importante de l'étude de la relation entre le rythme de développement d'une espèce et les variations écologiques du milieu ambiant (Vennetier et al., 2011). L'étude phénologique du pin d'Alep

Entreprise par plusieurs auteurs permet de déceler les observations phénologiques suivantes :

- La reprise de la végétation chez le pin d'Alep est relativement tardive et se situe entre février et mars.
- Les mois de mai et juin correspondent à la période de croissance maximale (radiale et apicale).
- La période de croissance est stoppée par la sécheresse vers le mois de juillet.
- Le pin d'Alep est un arbre polycyclique, susceptible d'effectuer plusieurs pousses par an et de produire des faux cernes (Serre 1976a et b).
- Les cônes mûrissent au cours de la deuxième année et laisse le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année (Nahal, 1962).
- La dissémination naturelle des graines a lieu entre la fin du mois d'août et la fin du mois d'octobre. Le cône doit avoir subi de fortes chaleurs, qui détruisent les joints de résine entre les écailles, pour pouvoir s'ouvrir (Francelet, 1970).
- La germination peut avoir lieu, soit à la fin de l'automne, soit au début du printemps (Calamassi et al., 1984).
- Le Pin d'Alep fructifie dès l'âge de 10 à 12 ans, mais les graines qu'il produit ne sont aptes à germer qu'à l'âge de 18 à 20 ans (Nahal, 1962).

5. Caractéristiques botaniques du *Pinus halepensis* :

Le pin d'Alep est une espèce très caractéristique qui existe à l'état spontané presque dans tout le nord algérien où il peut atteindre 30 m de hauteur (Boudy, 1950 ; Pardé, 1957 ; Gaussen, 1960 ; Mathieu, 1897 ;). Il a généralement un tronc tortueux (Figure 3a), irrégulier et branchu.

Le fût utilisable comme bois d'œuvre dépasse rarement 8 m. Cependant, on trouve des peuplements à fûts élancés, droits et peu branchus, comme certains peuplements de Grèce et celui de Cadenet en France (Nahal, 1962).

Sa longévité est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans (Kadik, 1987). L'écorce des jeunes sujets est lisse et d'un gris-argenté (Figure 3b) ; chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçure en écailles minces, larges et aplaties et de couleur rougeâtre.

Elle est très inflammable et contient une grande quantité de tannins. L'utilisation de l'écorce du pin d'Alep pour le tannage est connue depuis très longtemps au Proche-Orient, en Europe et en Afrique du Nord (Kadik, 1950; Nahal, 1962). De nos jours, les pratiques de l'écorçage ont disparu en raison de l'utilisation des tannins artificiels (Nahal, 1962).



Figure 3. A : Aiguilles (2023)



Figure 3. B : Ecorces (2023)



Figure 3. C : Cônes (2023)



Figure 3. D : Tronc (2023)

Les rameaux sont verts clair, puis gris clair, assez fins. Il est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc. Les feuilles persistantes, associées par 2 (parfois 3 et 4) et groupées en pinceau aux extrémités des rameaux, sont des aiguilles fines d'un vert clair de 1 mm d'épaisseur maximum et de 4 à 10 cm de longueur (Figure 3c). Les fleurs apparaissent sur les rameaux de l'année en fin du printemps début de l'été. Les cônes sont gros avec une taille de 6 à 12 cm avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm (Kadik, 1987). souvent isolés et réfléchis (Figure 3d). Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les cônes mûrissent au cours de la deuxième année et laissent souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le pin d'Alep fructifie de bonne heure, à l'âge de 10 à 12 ans. Les graines sont de petite taille de 5 à 7 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre. Les graines ne sont aptes à germer et suffisamment abondantes qu'à partir de l'âge de 18 à 20 ans. Cent kg de cônes produisent à peu près 50 kg de graines ailées (Nahal, 1962 ; Kadik, 1987), ce qui facilite leur dissémination par le vent et l'extension de leur aire de distribution (Chaumeil, 2006).

La nature de l'enracinement dépend de la profondeur du sol. Dans les sols profonds, il est pivotant avec de fortes racines latérales, mais dans les terrains superficiels, les racines apparaissant à la surface du sol. Néanmoins, dans l'ensemble, l'arbre est fortement accroché au sol, ce qui lui

permet de vivre dans les sols très érodés et rocheux. On voit très souvent ses racines se faufiler entre les fissures et les calcaires durs (Nahal, 1962).

La couronne est de forme conique quand l'arbre est jeune, puis s'étale au fur et à mesure qu'il vieillit en raison du ralentissement du développement en hauteur de la flèche terminale. L'âge auquel commence ce ralentissement dépend de la fertilité des sols et, en particulier, de leur profondeur. Sur des sols fertiles et profonds, la couronne conserve plus longtemps sa forme conique que sur les sols superficiels et pauvres. La couronne du pin d'Alep est irrégulière, en général très claire, donnant peu d'ombre et de couleur vert-jaunâtre (Nahal, 1962).

Pendant la saison humide, les graines de pin d'Alep germent rapidement et en masse. La mortalité est forte chez les jeunes semis, notamment au cours des deux premières années, mais la grande production de semences et leur taux de germination élevé permettent de compenser ces pertes (Nahal, 1962).

Ces semis ont besoin de lumière, mais un léger couvert leur est plutôt favorable. Ils sont capables de s'installer sur la plupart des types de sol, mais un recouvrement important des herbacées leurs est très défavorable. La régénération sous pinèdes, même dense, ne pose aucun problème car l'éclaircissement reste suffisant (Nahal, 1962).

6. Caractéristiques forestières :

Le bois du pin d'Alep est bien différencié, avec un aubier blanc jaunâtre et un duramen brun, souvent, fortement engorgé de résine (Christel et Thierry, 1995 ; Elaieb et al., 2020). Le bois est composé d'un aubier blanc jaunâtre et d'un cœur brun rougeâtre clair. Il est assez léger ; la limite entre le duramen et l'aubier n'est pas systématiquement bien nette. Les cernes annuels sont sinueux mais observables, sans difficulté. La zone du bois final est foncée, étroite et se différencie assez nettement de la zone du bois initial. Les canaux résinifères sont gros, bien apparents, assez espacés et sécrétant une résine abondante (Nahal, 1962). Le bois de pin d'Alep peut être utilisé, après élimination de la résine, pour la fabrication de la pâte à papier (Nahal, 1962 ; Elaieb et al., 2020). Au vu des résultats des études menées par plusieurs auteurs (Daoui et al., 2007 ; Elaieb et al., 2010 ; Elaieb et al., 2015 ; Ben Dhib, 2016 ; Ben Dhib et al., 2016 ; Elaieb et al., 2017 ; Elaieb et al., 2020), le bois du pin d'Alep se place parmi les bois mi-dur à mi-lourd qui présente de bonnes caractéristiques mécaniques, mais qui est, cependant, fragile et cassant aux effets de chocs. Son retrait volumétrique est moyen et sa durabilité naturelle est faible. Il s'agit donc d'un bois qui s'usine et sèche naturellement sans problèmes particuliers (Elaieb et al., 2020).

II. Structure des peuplements forestiers dans la pratique forestière :

La compréhension de la structure des arbres et des forêts est essentielle aux activités de gestion et d'aménagement. Toutes les interventions humaines dans la gestion des forêts et la conservation de la nature consistent essentiellement en des modifications de la structure des forêts dans un but précis, en supprimant et en ajoutant des arbres individuels. Par conséquent, une bonne compréhension des caractéristiques des forêts aide à prévoir les résultats probables de la gestion forestière (Pommerening et Grabarnik, 2019). D'après Pranjic et Lukić (1996), « le terme structure des peuplements implique la distribution des espèces, le nombre d'arbres et la

distribution des dimensions des arbres par unité de surface. C'est le résultat de l'intensité de la croissance simultanée de chaque espèce d'arbre exposée aux influences humaines et naturelles » (Indir et al., 2013)

Oliver et Larson (1996) ont défini la structure de la forêt comme une distribution physique et chronologique des arbres dans le peuplement. La définition simple de Kimmins (1997) est que la structure du peuplement est la disposition verticale et horizontale des arbres. Cette hétérogénéité croissante de la structure horizontale et verticale des peuplements est liée au nombre d'espèces et de peuplements présentant une grande stabilité écologique.

Les options culturelles peuvent modifier cette structure et ont un rôle potentiel important pour assurer la diversité des peuplements et la stabilité écologique (Pretzsch, 1998 ; Humphrey et al., 2000 ; McElhinny et al., 2005).

Pommerening (2002) a donné un aperçu des trois principaux aspects de la structure du peuplement, les attributs structurels et leurs distributions empiriques, et des indices de complexité structurelle.

Depuis un certain temps, les indices qui quantifient la structure des peuplements sont intégrés dans la recherche forestière et sont également utilisés pour la compréhension des processus écologiques et du fonctionnement des écosystèmes forestiers (McElhinny et al., 2005).

Une manière simple de définir la structure d'un peuplement est de dire qu'elle représente l'organisation verticale et horizontale (spatiale) des différents éléments (Goreaud, 2000 ; Pommerening, 2002). Dans la littérature écologique, la structure d'un peuplement est communément décomposée en deux termes : les indices structuraux et la complexité structurale (McElhinny et al, 2005).

1. Attributs structuraux :

A l'échelle d'un peuplement, la structure est définie en termes de plusieurs attributs structuraux. Caractériser la structure d'un peuplement revient à caractériser tous ses attributs structuraux. Ces attributs structuraux décrivent différents éléments du peuplement (arrangement des arbres, couvert de la canopée, diamètre et hauteur des arbres, distribution spatiale des arbres, nombre d'espèces..) (Ngo Bieng, 2007). La caractérisation de ces attributs structuraux permet une mesure de :

- L'abondance, par exemple la densité d'arbres d'une certaine classe de diamètre (Acker et al, 1998).
- L'abondance relative, par exemple la diversité des diamètres (Gove, 1996). Buongiorno et al., 1994), la surface terrière d'une espèce précise dans un mélange (Spies et Franklin, 1991).
- La richesse, par exemple la richesse des espèces dans la canopée (Munks et al, 1996).
- La variation des tailles, par exemple l'écart type des diamètres (Spies et Franklin, 1991)
- . - La variation spatiale, par exemple la variation des distances au plus proche voisin dans un peuplement (Franklin et al, 1981).

Ces différents attributs donnent une caractérisation des différents éléments constituant le peuplement, et ceux qui caractérisent les variations sont d'une importance particulière car ils peuvent aussi décrire une hétérogénéité à l'échelle du peuplement (McElhinny et al, 2005).

La complexité structurale (McElhinny et al, 2005) d'un peuplement est considérée comme une mesure de l'ensemble des différents attributs structuraux présents, ainsi que la relative abondance de chacun de ces attributs. L'ensemble des attributs du peuplement participe à sa complexité structurale.

1.1. Description de la structure d'un peuplement forestier :

La description de la structure d'un peuplement passe en général par la description de ses attributs structuraux. Plusieurs attributs structuraux ont été utilisés dans la littérature pour décrire les structures forestières. Il n'y a pas de suite définitive d'attributs structuraux, différents auteurs soulignant dans leurs études l'importance d'un attribut ou d'un ensemble de différents attributs. Les attributs structuraux sont choisis pour différents objectifs. Ils permettent en général de caractériser : par exemple la biodiversité d'un écosystème forestier donné (Bebi et al., 2001 ; Bachofen et Zingg, 2001) ; ou encore un habitat pour un groupe faunique particulier (Watson et al., 2001 ; Newsome et Catling, 1979). D'autres auteurs choisissent des attributs parce qu'ils sont relativement faciles à utiliser et à modéliser, et leur utilisation permet de faire un lien vers des attributs structuraux plus complexes (Buongiorno et al, 1994 ; Gove, 1996 ; Wikstrom et Eriksson, 2000). Dans d'autres cas, des attributs sont choisis parce qu'ils permettraient de faire un lien avec la dynamique du peuplement (Condit et al, 1998). Il arrive aussi que la disponibilité des mesures systématiques (dans des placettes permanentes) définit les attributs structuraux utilisés (Maltamo et al, 1997 ; Acker et al, 1998). De nombreux auteurs utilisent des attributs qui permettent de faire la différence entre les structures de différents peuplements, ou encore entre différents stades de succession d'un peuplement (Dewalt et al., 2003 ; Ziegler, 2000 ; Tyrrell et Crow, 1994 ; Spies et Franklin, 1991).

La caractérisation des attributs relatifs à la structure des peuplements forestiers hétérogènes permet leur description, mais le lien est souvent fait avec leur fonction et leur composition, ce qui permet de tenir compte des processus écologiques sous-jacents (Franklin et al., 2002).

La structure se réfère à l'arrangement spatial des divers composants de l'écosystème, à l'exemple des hauteurs des différents niveaux de canopée et de la distribution spatiale des arbres. La composition quant à elle rend compte de l'identité et de la variété des composantes de l'écosystème (exemple : la richesse spécifique). La fonction rend compte de l'action de différents processus écologiques sous-jacents, en tenant compte de la structure et de la composition. Les attributs structuraux, fonctionnels et de composition sont dépendants, les attributs d'un groupe pouvant illustrer des caractéristiques d'un autre groupe. Cette division n'est pas une catégorisation claire. Les attributs structuraux renseignent ainsi sur la structure, mais aussi sur la composition et la fonction (Ngo Bieng, 2007).

1.2. Attributs structuraux fréquemment utilisés :

Les attributs structuraux utilisés dans la littérature pour caractériser la structure des peuplements forestiers. Il s'agit surtout de ceux dont l'efficacité a été prouvée.

1.2.1. Variation de dimensions d'arbres :

La distribution des arbres basée sur leurs dimensions a l'avantage supplémentaire de pouvoir être évaluée facilement à partir d'inventaires forestiers communs (Pommerening, 1997). Les attributs structuraux des forêts et des peuplements forestiers conventionnellement utilisés pour décrire la structure des peuplements sont : le diamètre à hauteur de poitrine moyen (dhp à 1,30 m), les

Distributions de fréquences du diamètre et de la hauteur, la hauteur moyenne totale et de fut, la surface terrière moyenne et le volume totale moyen par unité de surface (Gadow et al, 2012).

1.2.2. Distribution en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers :

La connaissance de la distribution par classes de diamètre ou de hauteur est indispensable pour renseigner sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvicoles éventuelles et l'état de la ressource (Herrero-Jáuregui et al, 2012).

1.2.3. Diamètre des arbres :

C'est une mesure universelle de la taille des arbres dans la littérature concernant les structures forestières (McElhinny et al, 2005). C'est un attribut structural très utilisé et la mesure est faite à la hauteur de poitrine. On peut alors le quantifier pour un peuplement en terme de moyenne des diamètres à hauteur de poitrine (D1,30). La moyenne des D1.30 augmente généralement avec l'âge du peuplement. Elle a été utilisée pour différencier les stades de succession dans les forêts.

La surface terrière est un attribut directement relié à la moyenne quadratique des D1,30. Elle est indicative du volume du peuplement et de la biomasse. Elle a été utilisée pour caractériser et différencier des forêts primaires et secondaires (Kappelle et al, 1996).

1.2.4. Distribution en classes de Diamètre à 1.30 m :

L'utilisation de la distribution de fréquence des dhp est répandue en foresterie. La répartition des dhp peut être décrite à l'aide du coefficient d'asymétrie (skewness) ou à l'aide d'un indice de diversité comme l'indice de Shannon-Weiner (Buongiorno et al. 1994 ; Angers et al, 2014). La distribution diamétrale peut également être décrite en y ajustant une fonction mathématique comme la distribution théorique de Weibull (Leak 1996, Zhang et al. 2001, Schwartz et al, 2005). Cette distribution assez couramment citée dans la littérature forestière se caractérise par une plus grande souplesse d'emplois (Rondeux, 1999 ; Angers et al, 2014).

1.2.5. Distribution en hauteur des arbres :

La répartition verticale du feuillage entre différentes strates de végétation peut être quantifiée à l'aide du même type d'indices de diversité que ceux qui décrivent la diversité en espèces. Un exemple très connu est celui de l'indice de diversité de la hauteur du feuillage (Angers et al, 2014).

La relation entre les hauteurs et les diamètres des arbres est bien établie dans la littérature (Temesgen et Gadow, 2004), on peut penser que les attributs structuraux associés aux diamètres peuvent servir pour évaluer les attributs relatifs à la hauteur (Buongiorno et al, 1994). Cependant parce que cette relation n'est pas linéaire et dépend de plusieurs facteurs (notamment la fertilité), il est plus significatif d'utiliser les attributs directement associés à la hauteur pour caractériser les éléments verticaux de la structure. L'attribut le plus simple associé à la hauteur des arbres est la hauteur de la canopée qui peut être indicatif du stade de succession (Kappelle et al, 1996), du nombre de strates (Spies, 1998) et de la biomasse du peuplement (Means et al, 1999).

La variation dans la taille (hauteur et diamètre) des arbres est un important attribut structural ; elle est complexe à caractériser car elle dépend autant de l'arrangement horizontal des arbres que de leur taille (Zenner, 2000 ; Svensson et Jørgensen, 2001). La diversité des tailles d'arbres pour

caractériser la structure horizontale est ainsi insuffisante, les peuplements présentant une distribution en classes de diamètres similaires peuvent avoir des arrangements spatiaux très différents. Il apparaît ainsi que l'utilisation de la diversité des tailles comme attribut de structure a plus à voir avec le fait qu'elle est facile à mesurer, et à elle seule, elle ne caractérise pas totalement la structure du peuplement. Il est important de tenir compte également de la distribution spatiale des arbres (Zenner, 2000 ; McElhinny et al., 2005) particulièrement en peuplement hétérogène (Goreaud, 2000).

Il existe une grande variété d'attributs pour caractériser la structure de peuplements forestiers hétérogènes. Ils sont basés sur différents éléments du peuplement. On peut les combiner en des indices de complexité structurale pour avoir une caractérisation de la structure à l'échelle du peuplement. Cette approche a été utilisée dans des travaux de recherche pour caractériser et comparer des structures de peuplements forestiers, mais elle est très compliquée (McElhinny et al., 2005).

Pour quantifier les attributs structuraux des peuplements, et surtout pour faciliter la comparaison entre les peuplements, des indices de structure ont été développés (Watson et al., 2001). Ils permettent de quantifier objectivement et de manière fiable la structure des peuplements, qui autrement serait décrite de manière verbale (Sterba et Zingg, 2006).

2. Diversité spécifique :

Une première impression sur la structure des forêts est fournie par les distributions de fréquences des tailles et des espèces d'arbres (Gadow et al., 2012).

La diversité des écosystèmes à l'échelle spatiale est subdivisée en diversité alpha, bêta, gamma et delta (MacArthur, 1965 ; Whittaker, 1972 ; Pommerening, 2002). Dans les écosystèmes forestiers, la diversité alpha opère au sein des peuplements forestiers ; la diversité bêta fait référence à la variation entre les peuplements forestiers ; la diversité gamma et delta opère à des échelles plus grandes (Lähde et al., 1999).

Il existe une demande croissante d'informations sur la diversité alpha, en particulier sur la distribution spatiale des arbres et leurs attributs (Mason et Quine, 1995 ; Ferris et Humphrey, 1999). C'est pourquoi des indices structuraux ont été développés, ils décrivent, en tant que valeurs moyennes ou distributions, certains aspects horizontaux de la structure des peuplements forestiers (Upton et Fingleton, 1985 ; 1989).

L'un des premiers indices de diversité est la richesse spécifique (RS). Cet indice évalue le nombre d'espèces d'arbres dans le peuplement (Gonçalves et al., 2010). Bien qu'il permette de distinguer la diversité en fonction du nombre d'espèces, il ne donne aucune information sur le poids de chaque espèce dans le mélange (Gonçalves, 2003).

Les indices présentés précédemment caractérisent la structure spatiale des peuplements forestiers (à l'exception d'indices de diversité). Ils ne sont qu'une partie de la diversité d'indices de structure existants dans la littérature. Il existe plusieurs études comparant la capacité de ces

Indices à rendre compte de la structure de peuplements forestiers (Pommerening, 2002 ; Sterba et Zingg, 2006). Ces indices apparaissent ainsi comme des outils de description utiles. Il existe un nombre considérable d'autres indices pour décrire la structure forestière, qui sont basés sur des concepts similaires. Ils ne peuvent pas être discutés en détail ici, car cela dépasserait le cadre de ce document.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1-1 Description de la zone d'étude :

Notre zone d'étude appartient à la commune de Djebel Messaad située au Sud-ouest du chef-lieu de la Wilaya de M'Sila, à une distance de 100 Km. Elle présente le dernier rempart entre le Nord et le désert, sujet d'influence désertique.

- C'est une entité naturelle d'un seul tenant.
- Sujet des pressions diverse surtout humain.
- Sujet de visite incessante (estivale et hivernale) de la population des communes environnantes.
- Site d'activités scientifiques diverses.

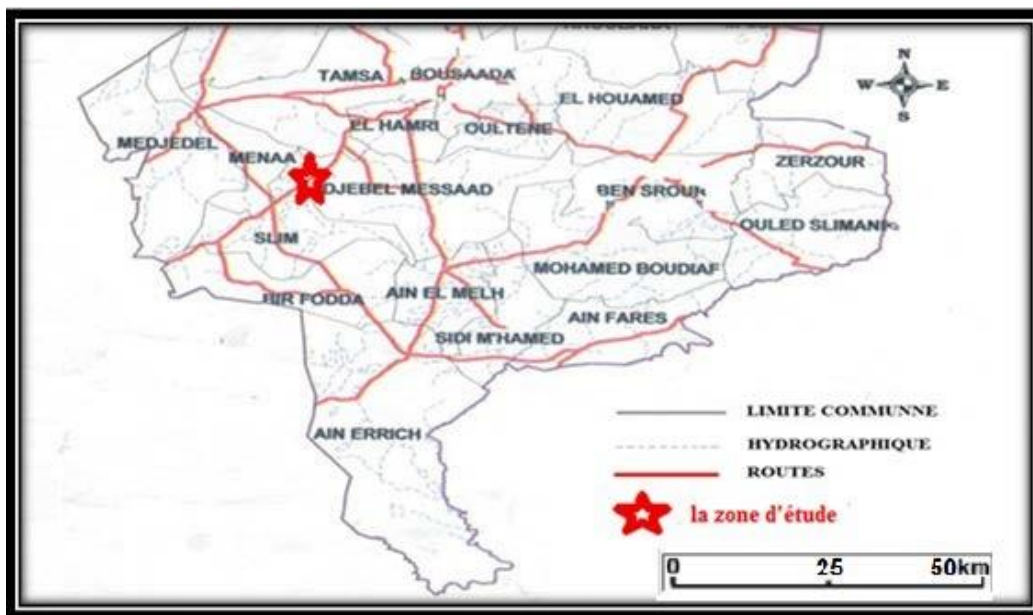


Figure 04: Carte administrative du Sud de M'Sila avec présentation de zone d'étude

D'après la circonscription de la forêt de Djebel Messaad (C.F.D.M), Djebel Messaad s'étend sur une superficie d'environ 34000 Ha, elle rattachée aux circonscriptions forestières de Djebel Messaad et Boussaâda et chevauche 02 Dairates (Ain el Melh ; Ben sroun) .

La forêt est divisée actuellement en 12 cantons limités généralement par de grandes lignes de crête qui caractérisent son relief, ces cantons sont représentés dans le tableau. 01

| Circonscription | Canton | Superficie (Ha) |
|-----------------|----------------|-----------------|
| Djebel Messaad | Fernane | 5193 |
| | Djebel Fernane | 1035,66 |
| | Draa Chehima | 2182 |
| | Bouferdjoune | 2159 |
| | Tsigna | 3210 |
| | Okfiane | 2312 |
| | Masmoudi | 6430 |
| | El Hamel | 3227,8000 |
| Boussaâda | El-Allig | 1635,2500 |
| | Maaleg | 1679,3600 |
| | Bounouara | 535 |
| | Triba | 3895,2000 |

Tableau 01: Les cantons de Djebel Messaad et Boussaâda.

Source : (C.F.M,2011).

1-1- Relief de la zone d'étude :

Située sur le versant Nord des monts d'Ouled Nail sur l'atlas saharien, ce paramètre du milieu physique qui joue un rôle déterminant quant à la nature de travaux d'aménagement à entreprendre (C.F.D.M., 2010).

L'altitude est généralement moyenne entre les deux valeurs minimales (800 m) et maximales (1667m).

D'après la circonscription de la forêt de Djebel Messaad (C.F.D.M, 2010), la pente est généralement caractérisé par :

- ✓ Pentes moyennes occupent le bas versant.
- ✓ Pentes fortes supérieures à 25% occupent les zones sommitales.

1-2-Géologie de la région d'étude :

Au niveau de Djebel Messaad on peut distinguer les unités lithologiques suivantes :

- a) –Au Nord : synclinal de calcaires subrécifaux et calcaires lithographiques (calcaires et marnes).
- b) –Au Sud : anticlinal et préclinal (grés, marne argileuse, dolomies, gypses)
- c) –A l'Est : tertiaire continentale (sable et argile rouge)
- d) –A l'Ouest : dépôts continentaux du quaternaire (limon et argile)



Figure 05: Carte géologique de la wilaya de M'sila avec présentation de zone (A.N.R.H , 2005).

Selon la **figure 05** la géologie de cette zone d'étude est : **(cn)** crétaé moyen cénonanien **Cénonanien**, ce sont des formations situées au Sud de Boussaâda composées par une alternance de marnes argileuses, et dolomies–microcristallines et de bancs de gippase d'épaisseur variable. Au Nord de Boussaâda, les faciès de partie supérieure du cénonanien sont différents. Ce sont des formations à nette prédominance carbonatée, dans lesquelles les horizons gypseux sont réduits.

1-3- Pédologie :

Selon la conservation des forêts de Djebel Messaad (**CFDM**), les sols de la forêt de Djebel Messaad appartiennent à trois types de sols :

- Sols minéraux bruts d'érosion
- Sols calcimorphes (bruns de steppe, rendzine, rendzine dégradé, bruns calcaire) □
- Sols évoluées à mull (brun à mull calcique)

1-4- Les activités de la région :

La région de Djbel Messaad se caractérise par les activités suivantes :

- L'élevage traditionnel Cheptel :(Ovin, Caprin, Bovin) plus de 50.000 têtes
- L'agriculture
- L'artisanat

| | Commune djebel Mssaad | |
|--------------------------------|-----------------------|------|
| Zone exploitée (H) | 6250 | |
| Grains | 3523 | 273 |
| Alimentation | 622 | 622 |
| Légumes | 215 | 215 |
| Pomme de terre | 3 | 3 |
| Les arbres fruitiers | 75 | 75 |
| Olive | 326.5 | 260 |
| Superficie irriguée (H) | 1448 | 1448 |

Tableau.02: Répartition des zones agricoles dans la commune de Djebel Mssaad en hectares: Saison agricole (2015/2016)

Source : (C .F.M.D) (M'SILA), 2010

La zone se caractérise aussi par l'élevage des moutons, chèvres, des vaches et des poules (voir tableaux 03 et 04)

| | Commune djebel Mssaad |
|----------------|-----------------------|
| Moutons | 40354 |
| Chèvres | 5110 |
| Vaches | 178 |

Tableau.03: Elevages des animaux dans la commune de Djebel Mssaad

Source : (C.F .M.D) (M'SILA), 2010

La zone caractérisée par la production animale comme l'élevage des poules (voir tableaux 09)

| | Commune djebel Mssaad |
|------------------------|-----------------------|
| Nombre des poulaillers | 28 |
| Capacité d'élevage | 96000 |

Tableau.04: Elevage des poules

Source : (C.F.M.D), 2010

1-5-Les ressources en eau dans la zone de Djebel Mssaad :

La zone de Djebel Mssaad se caractérise par les ressources hydrauliques suivantes: Forages profonds, Forages traditionnels, Barrages d'eau, Forages pastoraux, Puits, Etangs d'eau, Barrages (voir tableau 05).

| Les ressources hydrauliques | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| Forages profonds | 230 | 234 | 248 | 250 | 260 |
| Forages traditionnels | 98 | 101 | 101 | 101 | 102 |
| Barrages d'eau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forages pastoraux | 12 | 12 | 122 | 12 | 12 |
| Puits | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Etangs d'eau | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barrages | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tableau.05: Les ressources d'eaux de la zone de Djebel Messaad

Source : (C.F .M.D), 2010

1-6- Climat de la zone étudiée :

Le climat constitue un facteur essentiel qui règle l'existence et la répartition des êtres vivants sur terre (BENSALEM *et al*, 2008).

Durant la période de développement, les températures sont en corrélation très étroite avec le développement morphologique de la plante (LAMAIRE et SALETTE, 1982).

Suit à l'absence de station météorologique dans la zone étudiée, nous utiliserons les données climatiques de la station de Djelfa (tout en suivant la méthode d'extrapolation de ces données par rapport à la zone d'étude qui a une altitude de 993 m).

1-6-1- La température :

Selon (DREUX, 1980 in C), à côté de la pluviométrie, la connaissance des données sur la température est très importante lors d'une étude climatique, à savoir agronomique aussi.

Durant la période de développement, les températures sont en corrélation très étroite avec le développement morphologique des plantes prélèvement (LAMAIRE et SALETTE, 1982)

Les températures moyennes minimales et maximales (2000-2016) sont représentées dans le tableau 06 et la figure 06.

| | JAN | Fev | Ma | Av | My | jun | Juil | Ao | Sep | Oct | No | De |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m (°) mini | 1,01 | 1,68 | 3,98 | 6,53 | 10,85 | 15,07 | 18,54 | 17,73 | 14,76 | 10,51 | 4,42 | 1,46 |
| M (°) max | 9,92 | 11,02 | 15,39 | 19,19 | 23,94 | 30,18 | 34,47 | 33,53 | 27,28 | 22,13 | 22,98 | 17,06 |
| T (°) moy | 4,89 | 5,83 | 9,8 | 20,76 | 17,96 | 23,57 | 27,67 | 41,39 | 32,92 | 16,43 | 8,83 | 9,29 |

Tableau 06: Les températures moyennes mensuelles, minimales et maximales (°C).

Source : Station météorologique de Djelfa, 2016.

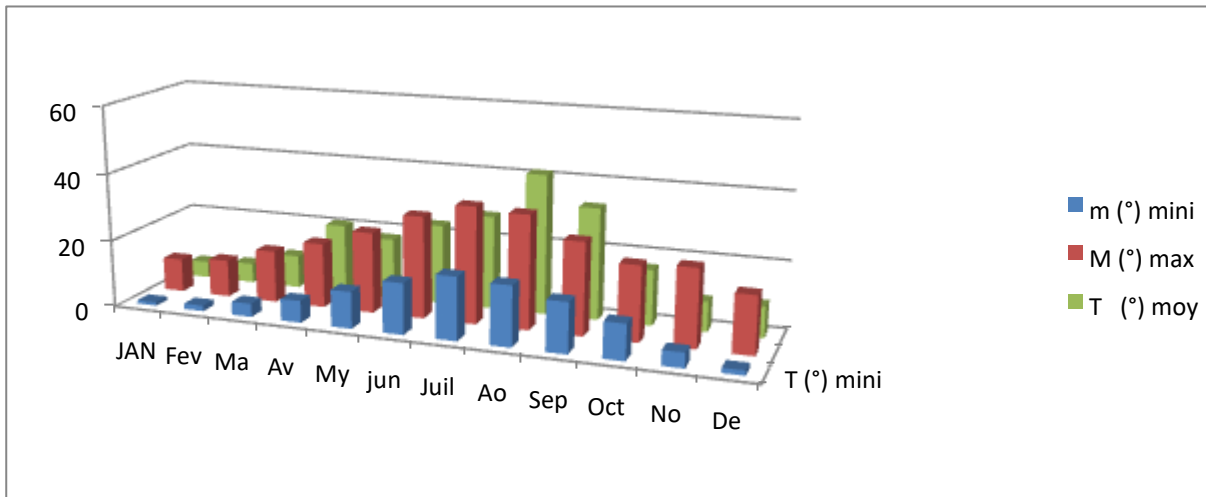


Figure 06: Courbes des températures mensuelles (maximales, minimales et moyenne) durant la période de (2000 /2016) .

A travers les données énoncées dans le tableau 10, on remarque que les hivers sont froids avec des minimas de 0,9°C en Janvier et 1,7°C en Décembre. Les étés sont chauds avec des maximas de 29,8°C en mois d’Aout.

1-6-2- Les précipitations :

Selon (HIRECHE, 2007), les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région; par leur intensité, fréquence et irrégularité, les pluies ont une influence énorme sur le modèle de la région.

Les précipitations ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluies (DUBIEF, 1953).

On désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale de précipitation reçue par unité de surface et unité de temps. Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale et la répartition des écosystèmes (RAMADE, 2003).

Le tableau 07 et la figure 07 résument les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées durant la période qui s'étale entre 2000 et 2016.

| | Jan | Fev | Mars | Av | Mai | jun | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Dec |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Précipitation m/m | 22,08 | 24,69 | 24,14 | 25,87 | 23,82 | 16,52 | 9,97 | 21,47 | 35,69 | 28,49 | 37,4 | 25,1 |

Tableau 07: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Source : station météorologique de Djelfa, 2016.

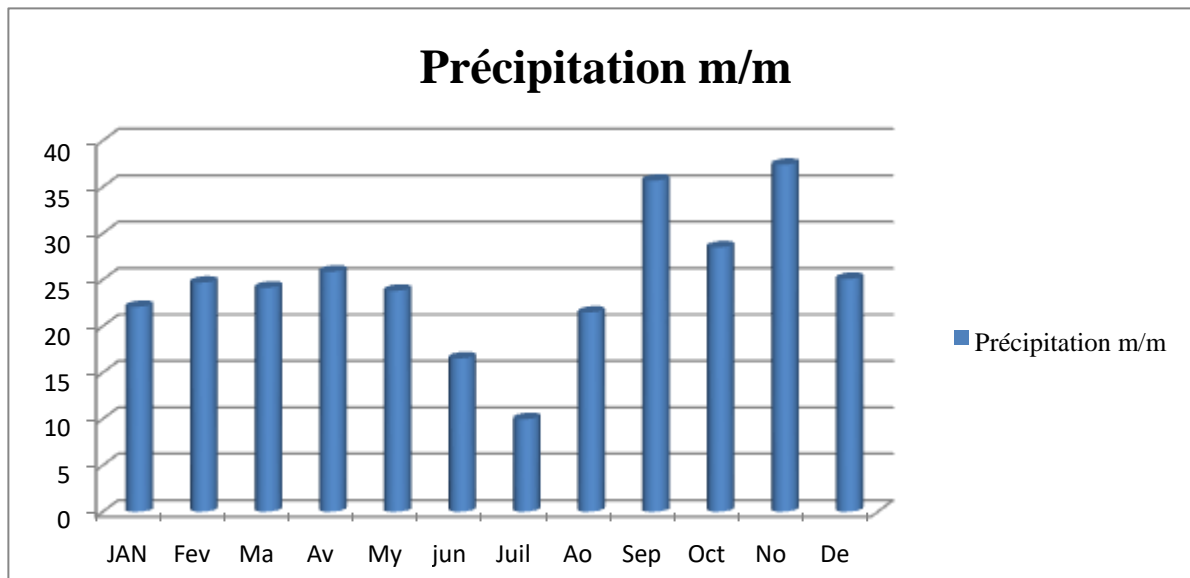


Figure 07: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Source : Station météorologique de Djelfa, 2016

D'après la **figure.07**, nous remarquons que la quantité pluviométrique est répartie d'une manière relativement hétérogène pour les périodes pluvieuses. Les précipitations mensuelles dans le mois du Novembre représentent une forte valeur (37.4 mm) c'est le mois le plus pluvieux, Alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet qui représente une basse valeur (9.97mm).

1-6-3- Le vent :

Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux, qui exerce une action modification indirecte sur la température et l'humidité (**DAJOZ, 2006**).

D'après (**DUBIEF, 1953**), le vent est un phénomène continu au désert ou il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuse qu'il transporte.

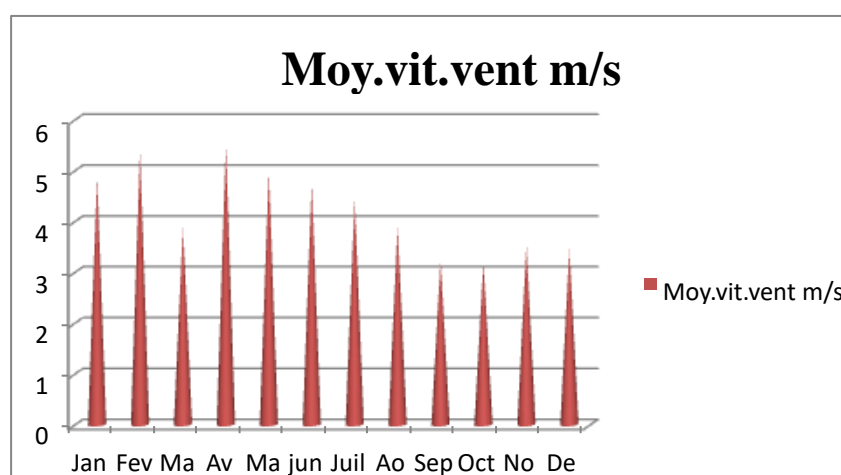


Figure 08 : Variations des vitesses moyennes mensuelles en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

A partir du **Diagramme.08** qui représente la vitesse du vent, on constate que la valeur maximale du vent est de 5,48 m/s enregistrée en Avril et 5,35 m/s en Février alors que sa vitesse minimale est de l'ordre de 2,22 m/s au mois de Septembre.

1-6-4- Humidité :

L'humidité relative est définie comme le rapport entre la quantité de vapeur d'eau qu'un volume contient à une température donnée (humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau que ce même volume peut contenir à la même température (humidité à saturation). L'humidité relative est exprimée en pourcentage (**LAFFONT, 2015**)

L'humidité est un paramètre essentiel pour les calculs des besoins en eau d'une culture.

| | JAN | Fev | Ma | Av | My | jun | Juil | Ao | Sep | Oct | No | De |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Humidité (%) | 72,79 | 71,36 | 63,24 | 56,71 | 49,92 | 39,09 | 32,84 | 37,2 | 51,84 | 61,38 | 74,25 | 79,15 |

Tableau 08 : L'humidité moyenne mensuelle en (%) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Source : station météorologique de Djelfa, 2016.

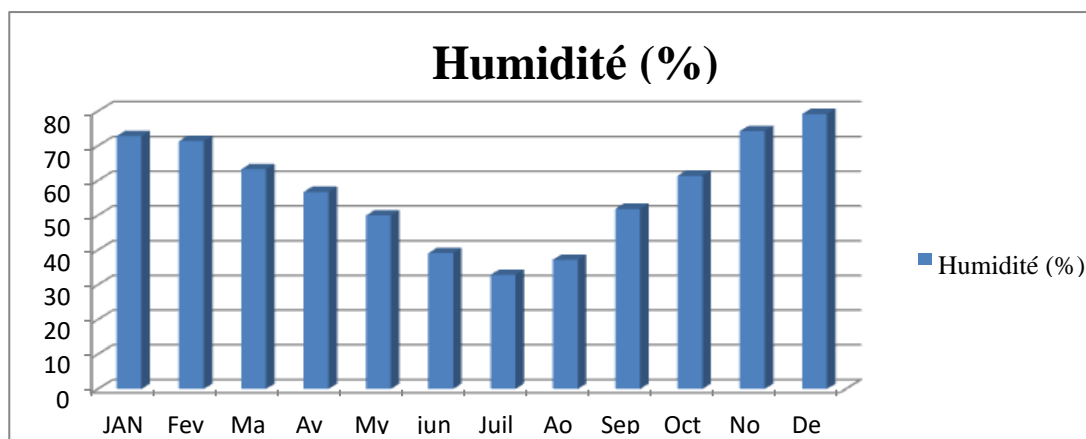


Figure 09 : L'humidité moyenne mensuelle en (%) de la région de Boussaâda durant la période (2000-2016).

Les valeurs signalées au **tableau.08** ci-dessus indiquent que le mois de Décembre est le plus humide avec un pourcentage de 79,15 % par contre le taux d'humidité le plus faible est noté au cours du mois de Juillet avec 32,84%.

1-6-5-Evaporation :

| | JAN | Fev | Ma | Av | My | Jun | Juil | Ao | Sep | Oct | No | De |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Evaporation (m/m) | 44,98 | 55,82 | 90,38 | 115,57 | 144,88 | 198,82 | 240,69 | 224,18 | 150,12 | 101,73 | 55,37 | 38,11 |

Tableau 09:Evapotranspiration en (mm) de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Source : station météorologique de Djelfa, 2016.

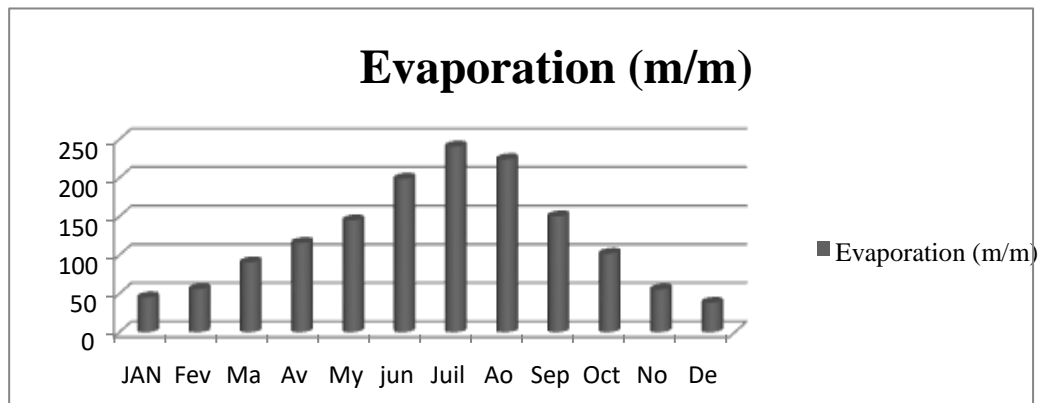


Figure 10 : Evaporation de la station de Djelfa durant la période (2000-2016)

Pendant les années d'observations (2000-2016), le maximum de l'évaporation a été enregistré au mois de **Juillet** avec 240,90 mm, alors que le minimum a été mesuré au mois de **Décembre** avec 38,11mm.

1-6-6- Gelées et Neige :

La topographie influence la fréquence et l'intensité des gelées (Stewart1969-1985) celles-ci sont beaucoup plus observées dans les bas fonds que sur les sommets du versant en raison de la forte ventilation qui permet le renouvellement permanent de la couche d'aire en contact avec le sol.

Les gelées affectent la culture en période de floraison .il serait donc nécessaire d'éviter que la période de floraison coïncide avec le mois pendant lesquels les gelées sont importance.

| | Jan | Fev | Mars | Av | Mai | Jun | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|
| Nj de Gelée | 15,27 | 10,18 | 3,91 | 0,91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,09 | 4,45 | 10,18 |
| Nj de Neige | 2,09 | 2,09 | 1,18 | 0,27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,18 | 1,64 |

Tableau 10:Le nombre moyens des jours de gelées et le neige par mois de la région de Djelfa durant la période (2000-2016).

Source : station météorologique de Djelfa, 2016.

Dans la zone d'étude, il gèle en moyenne 11 jours par l'année .les gelées se manifestent des le mois de novembre jusqu'un mois de Mars.

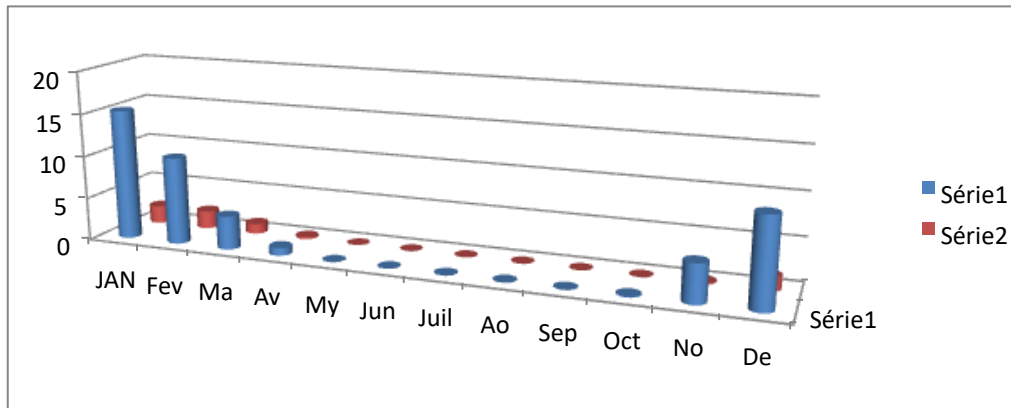


Figure 11 : Gelée et Neige de la station de Djelfa durant la période (2000-2016)

1-6-7- Synthèse climatique de la zone d'étude :

A- Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen et Bagnouls :

Le diagramme ombrothèrmique de Gaussen et Bagnouls permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.

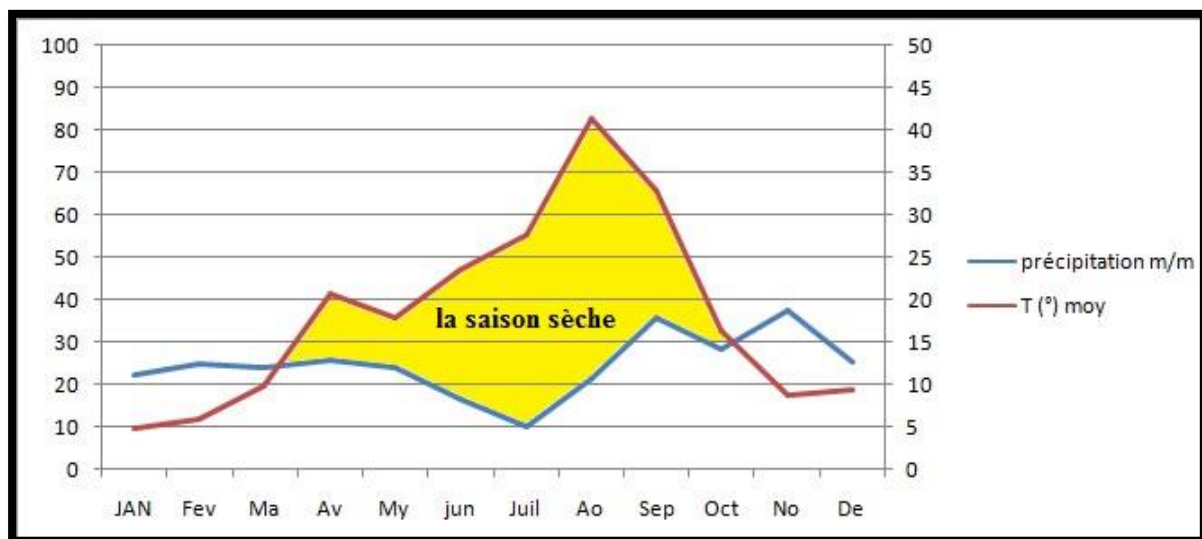


Figure 12: Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude (2000-2016).

D'après la **figure 12**, on remarque que la saison sèche s'étend du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai ; M'Sila indiquant l'impossibilité d'y pratiquer l'agriculture pluviale, donc la production agricole dépend normalement entièrement de l'irrigation durant l'année agricole.

B-Climagramme d'Emberger :

EMBERGER a défini pour le bassin méditerranéen un quotient pluviométrique qui tient compte à la fois de la température et de la pluviométrie qui se calcule comme Suit :

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M - m}$$

Q: Le quotient pluviothermique

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en Kelvin (°C+273).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en Kelvin.

| Données | P (mm) | m (°C) | M (°C) | M-m (°C) | Q2 |
|------------------|--------|--------|--------|----------|-------|
| Station (Djelfa) | 295,24 | 1,01 | 34,47 | 33,46 | 30.26 |

Tableau 11: Valeurs du quotient pluviothermique de la région d'étude.

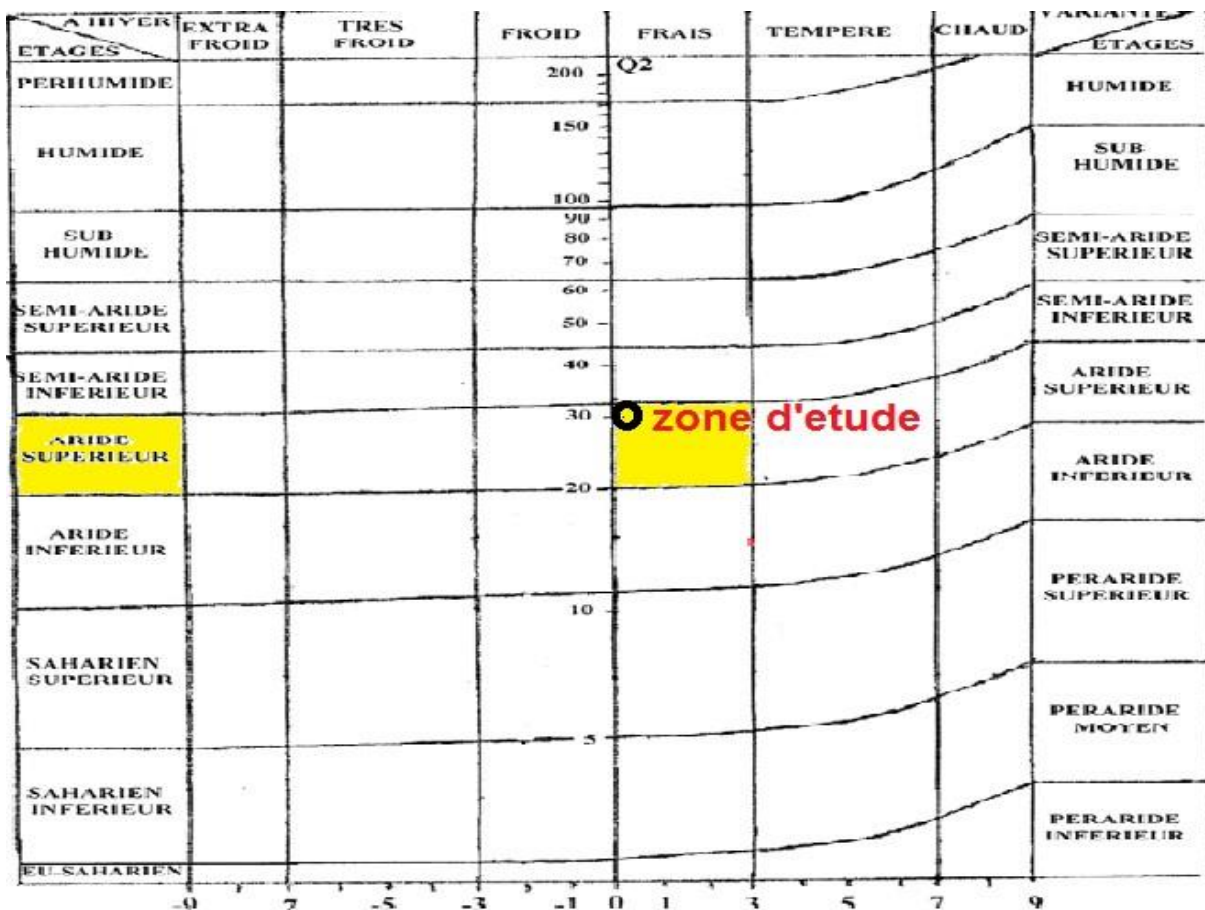


Figure 13: Climagramme D'EMBERGER avec une représentation de l'emplacement du climat de la zone d'étude durant la période qui s'étale entre 2000 et 2016

L'étage bioclimatique dans la région d'étude (Djelfa), aride supérieur sur le diagramme D'EMBERGER.

Suite à la représentation de la valeur de $Q_2=30,26$ sur le Climagramme, nous constatons que notre zone (Djebel Messaad) appartient à l'étage bioclimatique aride supérieur.

2-Conclusion :

Au terme de ce chapitre nous pouvons dire que la zone d'étude se caractérise par:

- Une formation géologique de type (cn) crétacé moyen cénomanien
- De point de vue pédologique, notre sol est alluvial.
- Des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 295,24 mm/an Et des températures moyennes de 14.73°C .
- un manque de précipitations qui a entraîné l'approvisionnement en cultures de cultures agricoles pendant la saison sèche
- La station de la zone d'étude se situe dans la zone climatique aride supérieure.

II.

Etat mécanique et sanitaire de peuplement du Pin d'Alep dans la forêt de djebel Messaad (M'Sila) :

1. Matériel de travail :

Les instruments utilisés dans notre inventaire dendrométrique sont :

- Le GPS (détermination de l'altitude, l'exposition, la pente)
- Le ruban pour mesurer la circonférence à l'arbre
- Appareil photos numérique
- Une corde pour délimiter la parcelle
- Par placette, une fiche d'intervention permanente, pour décrire la circonférence et la position des arbres.
- Par placette, une fiche d'intervention sanitaire, pour décrire l'état de la santé de l'arbre en inscrivant le chiffre ICP Forest correspondant à l'option choisis.

2. Méthodologie :

Le diagnostique de l'état sanitaire et mécanique des arbres consiste à faire :

- Une inspection visuelle, depuis le pied d'arbre, des différentes structure (départs racinaires et racines apparentes, collet, charpentières, houppier (couronne)).
- Un test sonore au maillet sur les parties accessibles pour détecter d'éventuelles altérations internes du bois si besoin, sondages au résistographe pour vérifier l'importance de ses altérations.
- Relevé des défauts graves et appréciation de leur impact sur la solidité des structures concernées.
- Identification des parasites ou des pathogènes infestant l'arbre.
- Evaluation du risque (chute, rupture) et de l'espérance de maintien en condition de sécurité

Ce travail détaillant les observations, synthétisant le diagnostique et donnant des préconisations pour la bonne conservation de reboisement ou la mise en sécurité du site.

2.1.Choix des parcelles

Afin de répondre à l'objectif de travail, un certains nombres de parcelles avec une superficie équivalente de 900m² ont été choisi (tab. 18). La parcelle est délimitée par mètre ruban

(fig. 14).

| Parcelle | Coordonnées géographiques | |
|----------|---------------------------|-----------|
| | Latitude | Longitude |
| P1 | | |
| P2 | | |
| Pn | | |

Tableau 12. Les coordonnées géographiques des parcelles de pin d'Alep.



Figure 14. Délimitation des parcelles dans la forêt de Pin D'Alep (2023)

2.2.Choix des individus :

Lors de notre expérimentation, les arbres qui sont à l'intérieur des parcelles sont pris en considération. L'observation se fait à partir du premier arbre dans le sens d'aiguilles d'une montre (fig. 15).

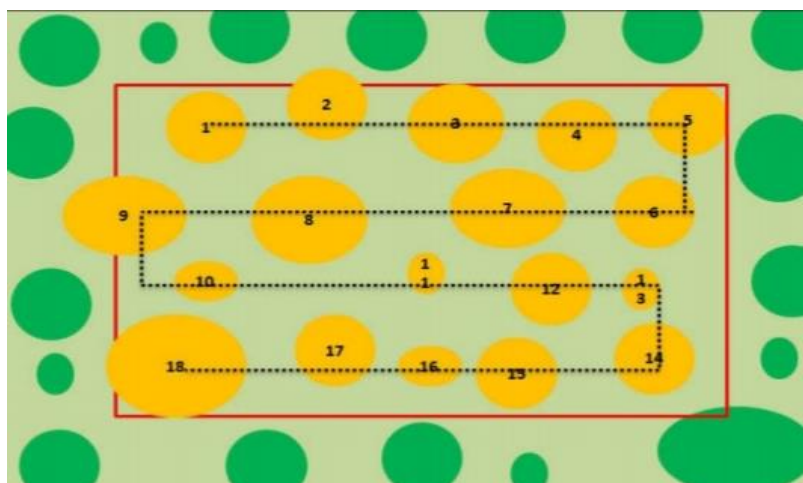


Figure 15. Méthode d'échantillonnage des arbres dans les parcelles.

2.3. Mesures des paramètres dendrométrique :

Les arbres de chaque station ont fait l'objet de mesures qui ont porté sur les paramètres dendrométriques suivant :

a. Mesure de la circonférence à 1.30 m du sol :

La mesure de la circonférence est faite à l'aide d'un ruban gradué, son utilisation nécessite toutefois des précautions à prendre, sinon on risque des sous-estimer ou alors de surestimer la valeur réelle (fig.16).



Figure 16. Mesure de la circonférence d'un arbre (2023)

b. Mesure de la hauteur des arbres :

Après la grosseur d'un arbre, la hauteur est la caractéristique le plus importance à mesure ou à estimer en vue de terminer le volume à certain condition. Elle joue un rôle essentiel dans la caractéristique de la productivité des milieux forestiers (Rondeaux, 1993).

Ce paramètre a été estimé à l'aide d'une application MeasureHeight.(fig.20)



Figure 17. Mesure de la hauteur des arbres (2023)

2.4. Evaluations de l'état sanitaire du Pin D'Alep :

La méthode DEPEFEU est un protocole d'évaluation des dépérissements qui se base sur des critères comme la réduction de croissance, la répartition de la masse foliaire au sein du houppier, la transparence du houppier (densité du feuillage), la mortalité d'organes pérennes ou la simplification de la ramification (Nageleisen, 2000). Chacun des critères fait l'objet d'une cotation, les cotations étant finalement réunies dans une note synthétique de 5 niveaux (tab. 13).

| Classe sanitaire | Etat |
|------------------|---------------------|
| 0 | Sain |
| 1 | Dépérissement léger |
| 2 | Dépérissement moyen |
| 3 | Dépérissement grave |
| 4 | Mort du houppier |

Tableau 13 : Les cinq classes sanitaires du protocole DEPEFEU (Nageleisen, 2000)

Chlorophylle :

La teneur en chlorophylle est mesurée à l'aide de l'appareil chlorophylle mètre (Spad). Le spad donne une mesure numérique comprise entre 0 et 99.9 qui est corrélée à la teneur en chlorophylle.

2.5. La description des conditions d'observation :

- *Visibilité*

La visibilité d'un houppier correspond aux conditions sous lesquelles le houppier évaluable peut être vu à partir du sol. Les niveaux suivants (tab.14) sont utilisés pour le houppier évaluable (Braem, 2009).

| Niveau | Description |
|--------|---|
| 1 | Houppier entièrement visible |
| 2 | houppier partiellement visible |
| 3 | houppier partiellement visible mais à contre-jour |
| 4 | houppier non visible |

Tableau 14 : Les niveaux de visibilité utilisés pour le houppier évaluable.

- *Statut social*

Le statut social est une mesure relative de la taille et de la place d'un arbre par rapport aux arbres environnants (Braem, 2009). Quatre classes sont définies (Eichhorn et al., 2010), elles sont décrites dans (tab 15).

| Statut | Description |
|--------|--|
| 1 | Dominant (ou arbre en croissance libre) |
| 2 | Co-dominant : arbres dont les houppiers s'insèrent dans la masse générale de la canopée |
| 3 | Sous-dominante : arbres dans les houppiers touchent la canopée mais de taille plus faible que la moyenne |
| 4 | Dominé : arbres largement dépassés par les autres et ne recevant aucune lumière directe. |

Tableau 15 : Classes de statut social des arbres.

- *L'état de l'houpier*

Le houpier est constitué d'un couvert léger en raison de son feuillage grêle et de sa ramification peu serrée. En peuplement, il est de forme arrondie, étroit et haut. En situation isolée, l'arbre développe un port large et étalé. Il est aussi de forme élancée en peuplement serré ou chez les jeunes sujets (tab.16)

| Classe | Description |
|--------|---|
| 0 | Absence de symptômes : houpier bien développé, ramification secondaires Et aucune branche morte dans la partie supérieure du houpier |
| 1 | Rameaux fins desséchés dans la périphérie du houpier, ramification Secondaires peu abondantes |
| 2 | Branches mortes dans la moitié supérieure du houpier mais représentant Moins de 50% du houpier. Cime coupée |
| 3 | Branche morte composant plus de 50% du houpier.peu de ramifications. |
| 4 | Houpier mort |

Tableau 16 : protocole de DEPEFEU synthétique pour les parcelles des résineux.

- *La défoliation*

La défoliation est définie comme la perte foliaire dans la partie évaluable du houppier, par comparaison à un arbre sain de référence. L'évaluation de la défoliation ne préjuge pas des causes de défoliation. C'est une stricte quantification d'un volume de biomasse. La défoliation est évaluée par intervalles de 5%. Un score de 100% est donné aux arbres morts (UNECE, 2006).

- *Structure du houppier*

La structure du houppier est définie comme l'architecture des organes aériens de l'arbre. Elle varie avec le temps et selon différents stades de développement. La perte de vitalité se traduit par une simplification progressive de la ramification. L'évaluation se base sur le degré de simplification de la ramification. Le manuel ICP Forest (UNECE, 2006) propose quatre catégories (« houppier dense », « simplification légère », « simplification sévère », « déclin ») pour les pins, les chênes et le hêtre, décrites par des critères indicatifs et des illustrations.

- *Autres signes diagnostiques*

La décoloration des feuilles : La décoloration est définie comme toute altération de la couleur normale du feuillage de l'espèce.

La couleur de bois : la décoloration est définie comme toute altération de la couleur normale du bois.

La fructification : est le processus biologique de développement des fruits. Elle est contrôlée par l'environnement (photopériode, humidité, température, mécanismes de pollinisation, etc.) et la physiologie de la plante. Dans le cas de l'évaluation de l'état sanitaire, il s'agit d'estimer la fructification dans le houppier. Seuls les fruits produits au cours de l'année de l'évaluation doivent être pris en compte (tab.17).

| Niveau | Description. |
|--------|---|
| 1 | Fructification absent ou rare. |
| 2 | Fructification visible. |
| 3 | Fructification abondante, au point de dominer l'aspect visuel de l'arbre. |

Tableau 17 : les niveaux de fructification.

CHAPITRE III : Résultats et discussion

Dans le massif du Hodna, la forêt Djebel Messaad constitue une des plus belles pinèdes de M'Sila. La conservation et la protection de ce patrimoine est considérée comme une des priorités du développement régional. Cette forêt est constituée essentiellement de pin d'Alep, qui reste la principale essence en Algérie du point de vue étendue. En plus de son rôle écologique, le pin d'Alep possède un potentiel productif appréciable relatif à l'importance de la surface occupée.

L'évaluation et l'interprétation de cette production ont toujours fait appel à des méthodes et des techniques plus ou moins complexes, interférant plusieurs facteurs d'ordre écologique, dendrométrique et anthropique. Néanmoins, les facteurs dendrométriques restent le seul moyen d'investigation à la prévision de la croissance et de l'établissement des relations entre différentes variables.

1. Distribution des arbres :

1-1- Distribution de la densité des arbres :

Les valeurs de densité des arbres de Pin d'Alep se varient entre 9 à 15 pieds par 500 m².

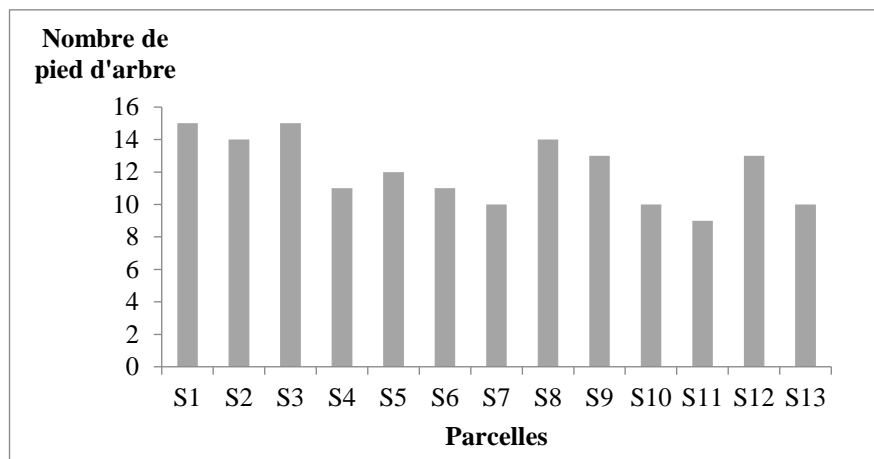


Figure 18 . Répartition de nombre de pied de Pin d'Alep selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad

La figure suivante montre que la majorité des arbres sont localisés à la lisière de la parcelle,

D'une manière générale la densité des arbres dans les 13 parcelles étudiées varie d'une parcelle à l'autre.

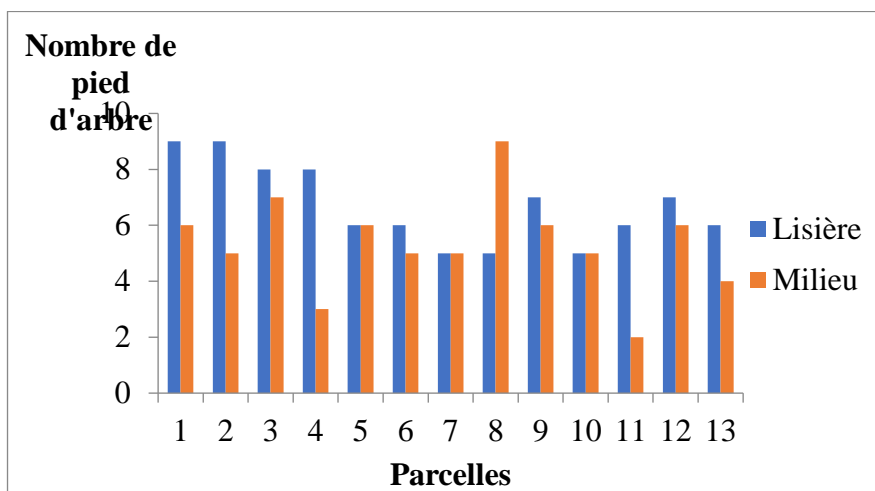


Figure19 : Distribution des pieds des arbres selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad

1-2-Corrélation (Répartition/Distribution) :

Lorsqu'on fait une corrélation entre la distribution et la répartition des arbres étudiées on observe que la cause de la moyenne densité dans les parcelles dû à une distribution des arbres à lisière, ce dernier probablement à cause du sol ou bien des changements climatiques.

2. Analyse des caractéristiques dendrométriques des arbres de Pin d'Alep :

2-1- Distribution des circonférences des arbres :

Les résultats des mesures du diamètre des arbres échantillons de 13 parcelles sont illustrés par la **figure .20**. La circonférence du pin d'Alep se répartie entre (18 cm et 145cm) On a trouvé que cette circonférence est plus faible dans la parcelle N°2 « entre 61cm et 90 cm », cela indique que cette parcelle avoir une dégradation par rapport le diamètre observé dans des autres parcelles « supérieur à 100 cm ».

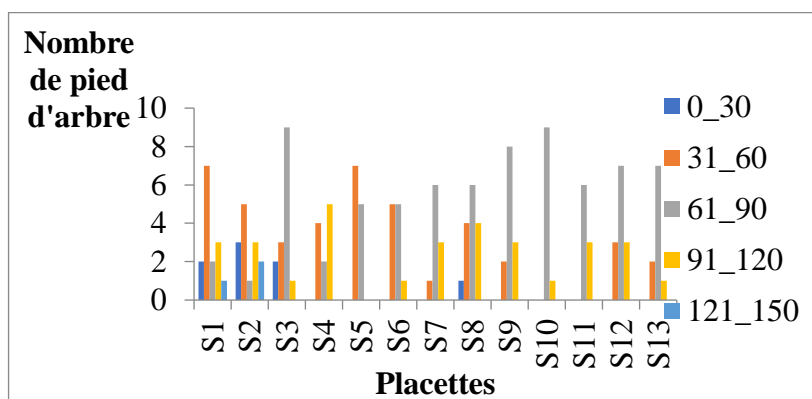


Figure 20 . Répartition du nombre de pied d'arbres par classe de circonférence de la pinède de Djebel Messaad

2-2-Distribution de la hauteur des arbres de Pin d'Alep :

Les résultats obtenus sur les mesures de la hauteur moyenne totale des arbres dans les 13 parcelles étudiées montrent qu'il y a une distribution irrégulière des pieds d'arbres échantillonnés en hauteur, toutefois la hauteur moyenne est variée entre (2,5 m et 12 m). Cette dernière semble moyenne si nous la comparons avec l'étude de KADIK (1987) pour les autres pineraies de l'Atlas Saharien, notamment dans les wilayas, de Djelfa et de Laghouat où la hauteur moyenne des peuplements est variée entre (12,5 m et 14,5 m). En justifiant celle-ci peut-être par les conditions édaphoclimatiques qui constituent un facteur limitant pour le bon développement du *Pinus halepensis* dans notre région d'étude. BROCHIERO et al. (1999).

2-3-Corrélation (Hauteur/circonférences) :

Selon l'étude, nous avons en face à un rapprochement entre l'hauteur et le diamètre mesurés pour une population considérée comme ayant le même âge. Plus l'arbre est long, plus son diamètre est grand ce qui nous amène à dire que ce boisement a été convenable aux attentes.

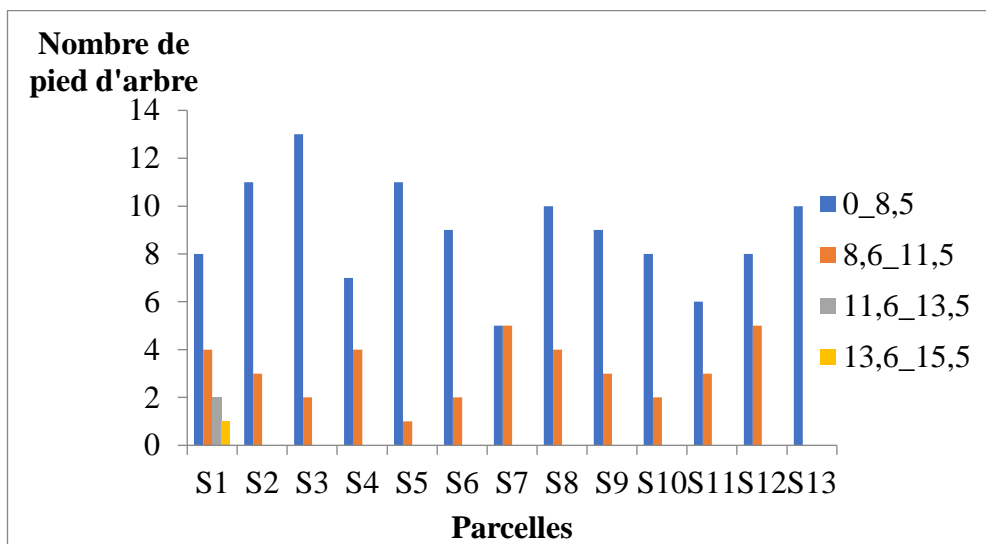


Figure 21 . Répartition du nombre de pied d'arbres par classe de hauteur selon les parcelles de la pinède de Djebel Messaad

2. Evaluation de l'état sanitaire des arbres de Pin d'Alep :

2.1. Etat du houppier :

Afin de caractériser l'état sanitaire des parcelles étudiées, nous allons dans un premier temps analyser les données concernant l'aspect des houppiers. Nous avons constaté que la majorité des arbres sont classé entre (2_3)

2: dépérissement moyen

3: dépérissement grave

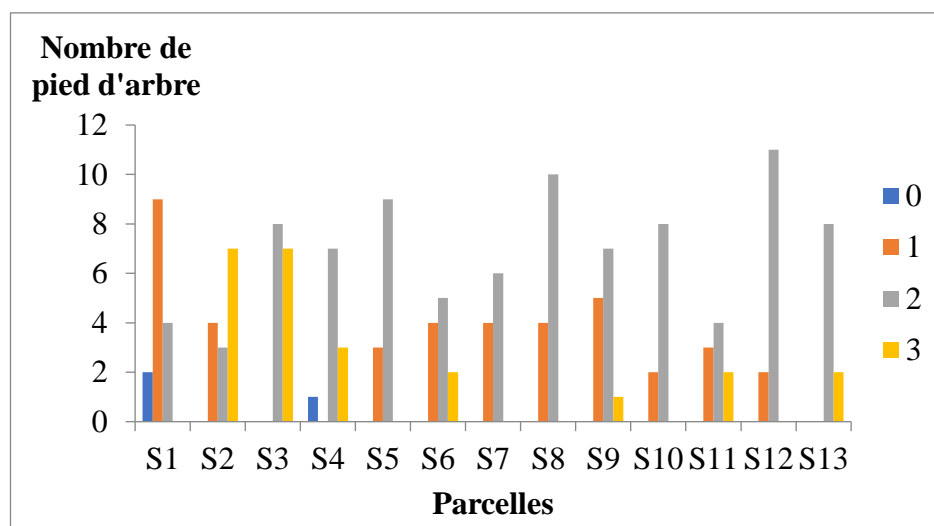


Figure 22 . Distribution des arbres de Pin d'Alep selon l'état du houppier

2.2. Visibilité du houppier :

La majorité des arbres étaient classé sur la classe 1 et 2

1 - entièrement visible

2 - partiellement visible

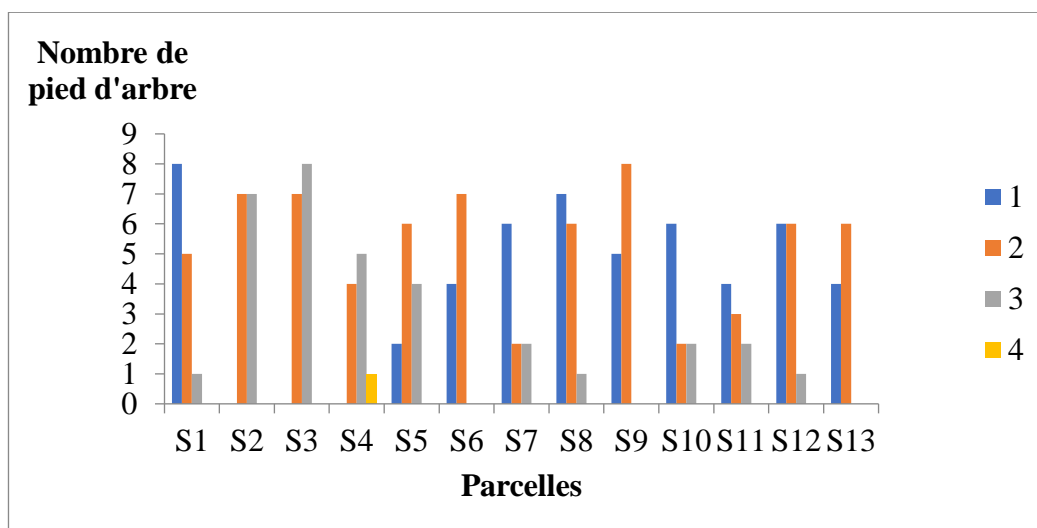


Figure 23 . Distribution des arbres de Pin d’Alep selon le niveau de visibilité

2.3. Le statut social du houppier :

D’après les analyses des données de notre étude nous avons constaté que la majorité des arbres ont une croissance libre

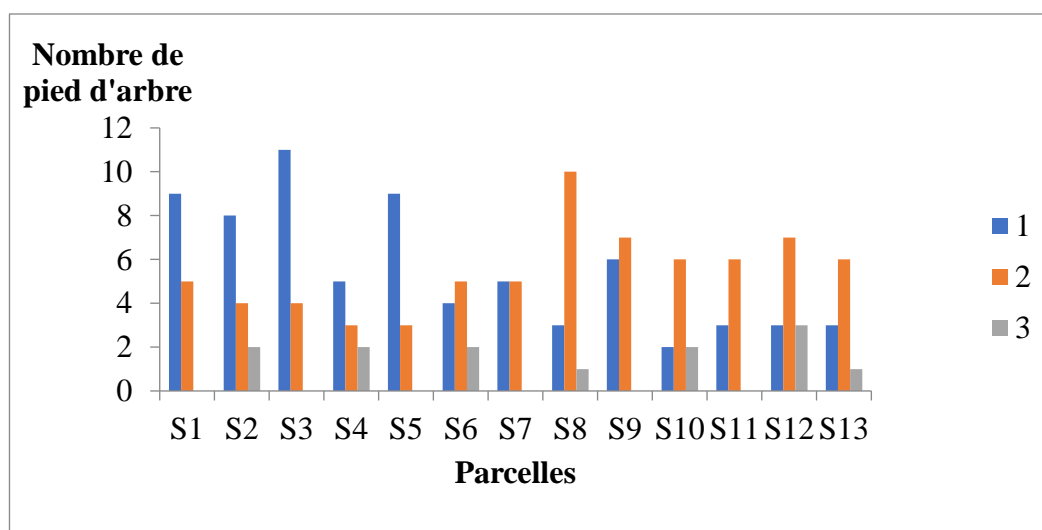


Figure 24 . Distribution des arbres de Pin d’Alep selon le statut social.

2.4. Couleur des feuilles :

La décoloration est noté en pourcent et correspond à la proportion du feuillage atteint par rapport la totalité des houppier observable.

L'analyse des résultats obtenus indique qu'il y a une différence dans la distribution des arbres de la forêt de Djebel Messaad selon la couleur des feuilles. On a enregistré que la plus part des arbres ayant une coloration normale vert dans les parcelles 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13 alors que le reste ont des couleurs anormale réparti comme suit (fig.) :

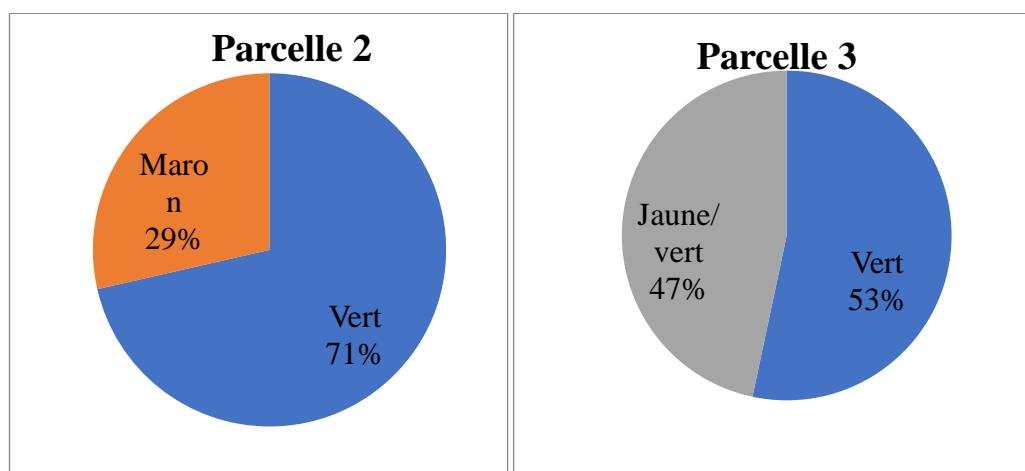


Figure 25. Spectre de la distribution des arbres de Pin d'Alep selon la couleur des feuilles

2.5. Fructification :

La figure suivante illustre la fréquence de fructification sur les parcelles 2, 3, 11 et 13 qui se varie entre 57% à 80%. Pour le reste des parcelles, on a noté une fructification abondante dans l'ensemble des arbres.

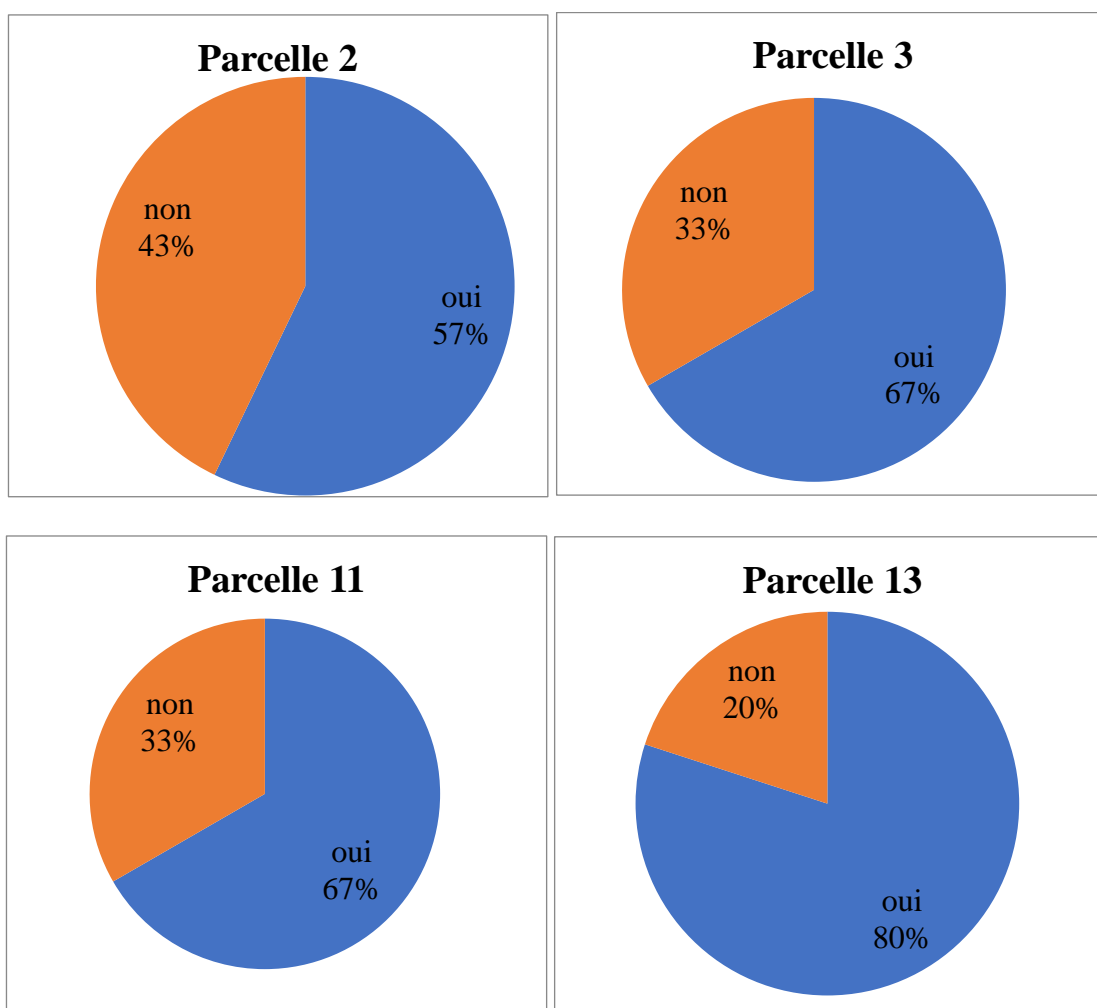


Figure 26 . Spectre de distribution des arbres de Pin d’Alep selon la fructification

3. Evaluation de l’état mécanique du bois :

3.1. Présence des défauts de bois :

L’analyse de notre travail montre au observateur que la plupart des arbres des parcelles étudiées avait des défauts, dont les plus observées sont les nœuds avec un taux de 64% par rapport un taux de 36% de présence des Gélivures, tandis que les fibres torse avec un taux de 15%.

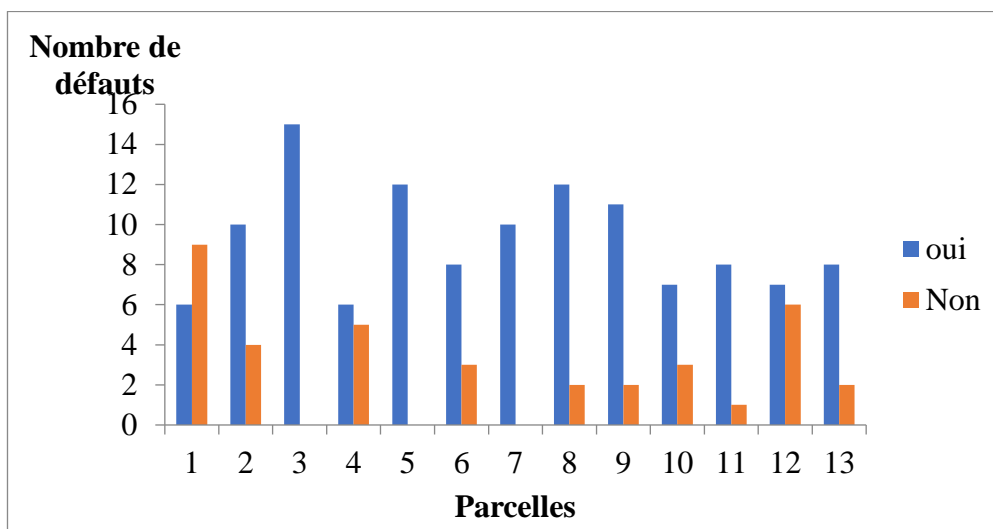


Figure 27. Variation de la présence des défauts des arbres de Pin d'Alep selon les parcelles

3.2. Nature des défauts de bois :

Le nœud :

Les nœuds sont la trace que l'arbre porte après avoir perdu une branche : il tente de colmater la plaie. Les aléas du milieu, forts vents, verglas, élagueurs des services publics, peuvent arracher des branches à l'arbre. Mais l'arbre en perd aussi de son propre chef. Il fait de l'auto-émondage.

Plus un arbre gagne en volume et en prestance dans le ciel, plus son feuillage supérieur porte ombrage à ses



Figure. 28(2023)

feuilles inférieures et les rend inefficaces. Il faut alors s'en départir

La Gélivure :

La Gélivure est également appelée "Eclatement de l'Ecorce".

Ce n'est pas une maladie à proprement parler mais un incident de parcours.

C'est un éclatement de l'écorce des arbres, une fissure qui se produit le plus souvent du côté de l'arbre qui est exposé au soleil.



Figure. 29(2023)

Elle survient le plus souvent au printemps lorsque les écarts de températures entre le jour et la nuit présentent de grosses différences.

Si la gélivure n'est pas dangereuse à proprement parler pour l'arbre, elle est toujours ennuyeuse car elle provoque une ouverture qui favorise la venue des parasites et des maladies.

Fibre torse :

Les fibres suivent dans leur ensemble un trajet torsadé autour de l'axe de la tige ou de la branche d'un arbre.

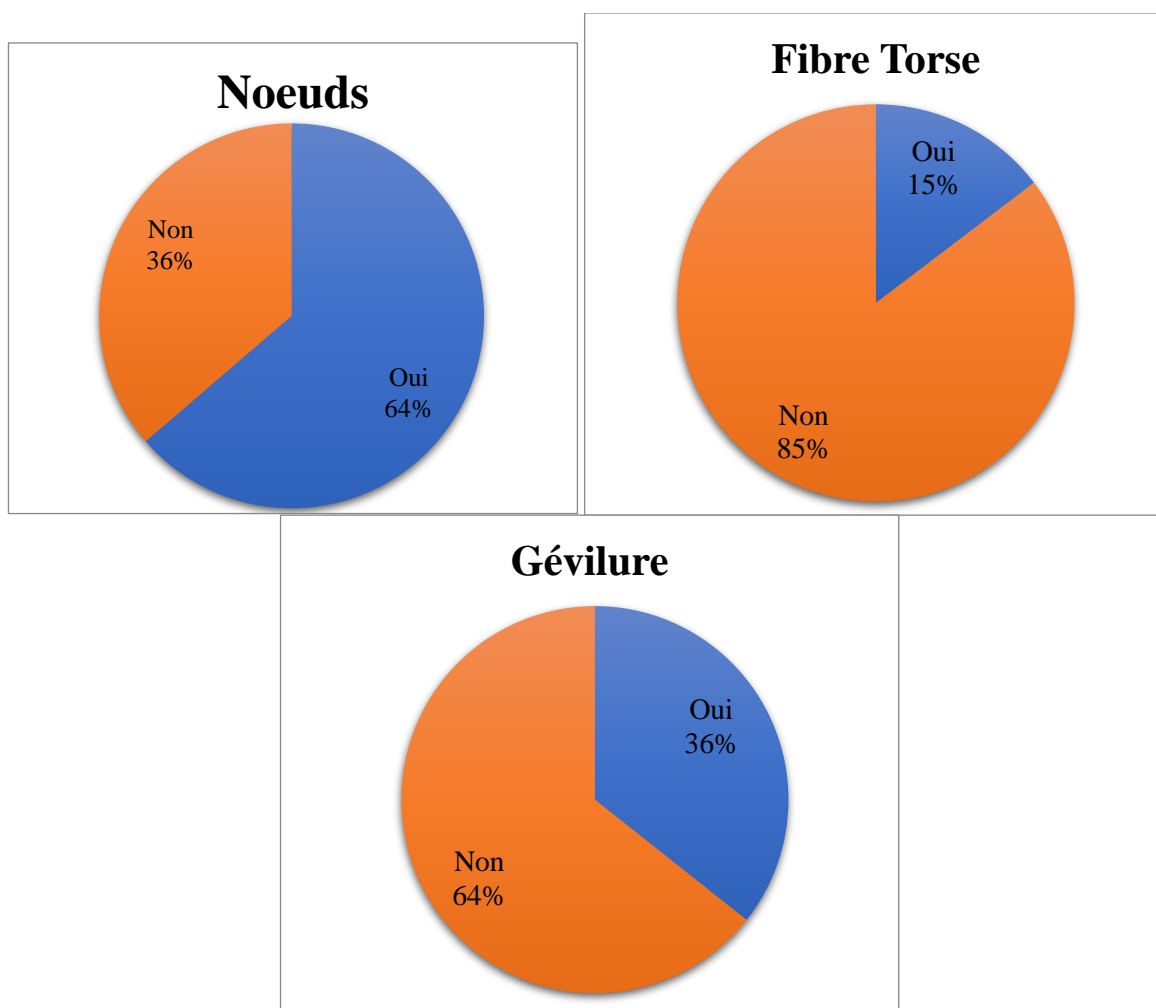


Figure 30 : Spectre du taux de répartition de la nature de défauts dans l'ensemble des parcelles

3.3. Les insectes :

Une présence de la **Chenille processionnaire** d'un taux de **34%**.

L'attaque de la chenille processionnaire du pin (*Traumatocampa pityocampa*:Notodontidae) est bien observée dans les stations d'étude, c'est la plus connue par la circonscription des forêts de Djebel Messaad. Selon ces derniers, le taux de l'infestation de la processionnaire du pin est moyen et diffère d'une parcelle à l'autre. Alors, c'est l'insecte le plus remarquable pendant notre observation dès

la première sortie de prospection sur terrain. Cette dernière provoque des dégâts sur le feuillage et le bois. Malheureusement, aucune action de lutte n'a été constatée durant notre étude.

Le développement de la chenille processionnaire se divise en deux phases, une phase aérienne et une phase souterraine dont la phase aérienne dure cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement précédent la nymphose, là où l'apparition des adultes (imagos) a lieu au cours des mois de juillet et août. En suite une période d'éclosion des chenilles qui vont passer par cinq stades nommés de L1 à L5). Dès l'arrivée des premiers froids, la colonie commence la construction du nid d'hiver qui va permettre la survie du groupe (DEMOLIN, 1967)

Dégâts forestiers et lutte environnementale

La chenille processionnaire du pin est l'un des principaux défoliateurs des peuplements résineux de la zone méditerranéenne (HUCHON et DEMOLIN, 1970). Dans les forêts, la présence des chenilles aurait même provoqué la migration du gibier, fuyant les zones souillées par ces insectes, et les importants dégâts enregistrés sur les pinèdes qu'ont été à l'origine d'un affaiblissement de nombreux peuplements, qui les a rendus vulnérables à l'attaque d'insectes sous-corticaux (SCHEINER, 2003).

Un autre défaut que nous avons trouvé pendant le travail au niveau de notre zone d'étude.

C'est un arbre mort à cause de scolite champignon.

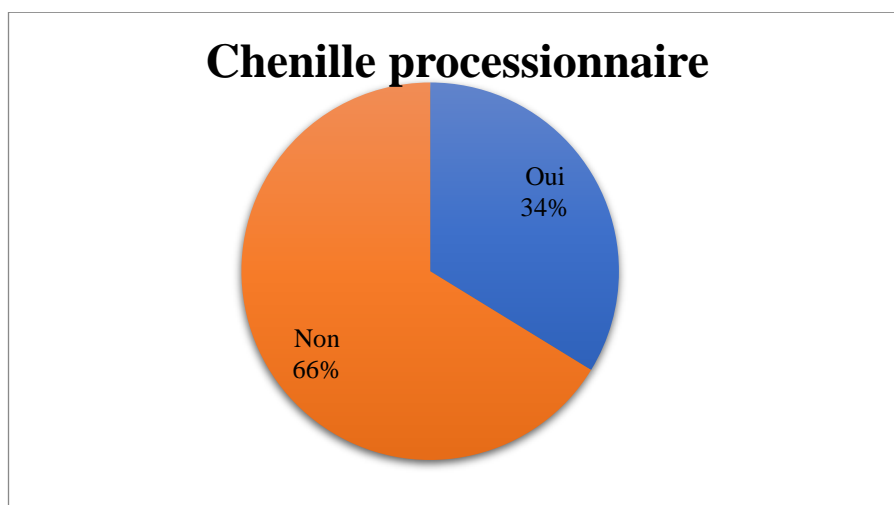


Figure 31 : Spectre du taux de présence de la chenille processionnaire dans l'ensemble des parcelles

3.4. Couleur du bois :

On observée que la majorité des arbres avoir la couleur **Marron** avec un taux de 91% par rapport un taux de 5% pour la couleur **Marron clair** pour les arbres âgée probablement à cause du changement climatique. Aussi nous avons trouvez la couleur **rouge** de 3% et le **marron foncé** de 1%.

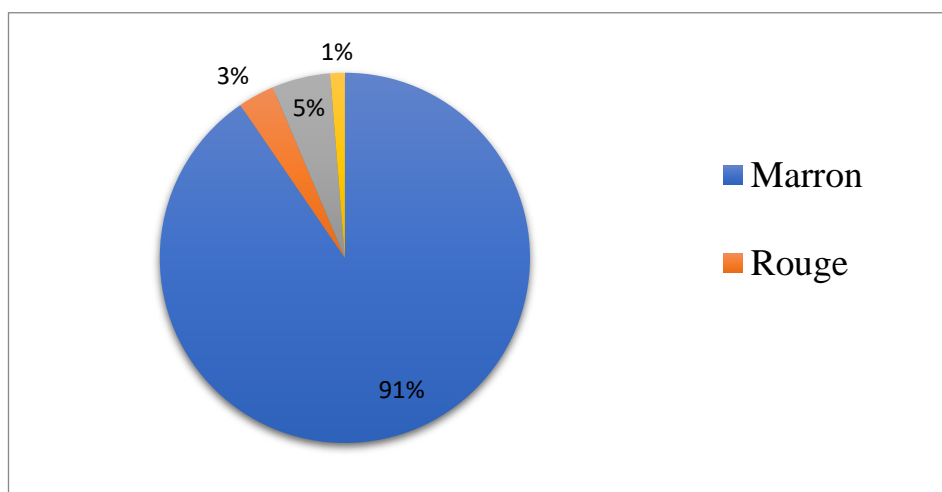


Figure 32. Spectre de distribution des arbres de Pin d'Alep selon la couleur du bois dans l'ensemble des parcelles.

Conclusion :

La forêt de Djebel Messaad est considérée comme une zone touristique dans la wilaya de M'sila. Cette forêt formée d'un ensemble des espèces résineuses, elle occupe une superficie de 34000 Ha,

La présente étude, vise à caractériser et analyser la structuration et l'état sanitaire et mécanique du peuplement de pin d'Alep de cette forêt.

La collecte des données dendrométriques est faite par un inventaire forestier dans 13 parcelles choisies

Trois types d'analyses sont réalisés :

1. L'analyse structurale :

Les valeurs de densité des arbres de Pin d'Alep se varient entre 9 à 15 pieds par 500 m².

D'une manière générale la densité des arbres dans les 13 parcelles étudiées varie d'une parcelle à l'autre. La circonférence du pin d'Alep se répartie entre (18 cm et 145cm) On a trouvé que cette circonférence est plus faible dans la parcelle N°2 « entre 61cm et 90 cm »,

autre coté la hauteur moyenne est variée entre (2,5 m et 12 m). preuve d'une régénération naturelle.

2. État mécanique :

Evaluation de l'état mécanique du bois :

- Présence des défauts de bois :

L'analyse de notre travail montre au observateur que la plupart des arbres des parcelles étudiées avait des défauts, dont les plus observées sont les nœuds avec un taux de 64% par rapport un taux de 36% de présence des Gélivures, tandis que les fibres torse avec un taux de 15%.

- Les insectes : Une présence de la Chenille processionnaire d'un taux de 34%.

L'attaque de la chenille processionnaire du pin (*Traumatocampa pityocampa*:Notodontidae) est bien observée dans les stations d'étude, c'est la plus connue par la circonscription des forêts de Djebel Messaad. Selon ces derniers, le taux de l'infestation de la processionnaire du pin est moyen et diffère d'une parcelle à l'autre. Alors, c'est l'insecte le plus remarquable pendant notre observation dès

la première sortie de prospection sur terrain. Cette dernière provoque des dégâts sur le feuillage et le bois. Malheureusement, aucune action de lutte n'a été constatée durant notre étude.

3. État sanitaire :

Après l'analyse les données concernant l'aspect des houppiers. Nous avons constaté que la majorité des arbres sont classé entre (2_3)

2: dépérissement moyen

3: dépérissement grave

Le statut social du houppier :

D'après les analyses des données de notre étude nous avons constaté que la majorité des arbres ont une croissance libre

L'analyse des résultats obtenus indique qu'il y a une différence dans la distribution des arbres de la forêt de Djebel Messaad selon la couleur des feuilles.

La Fructification : on a noté une fructification abondante dans l'ensemble des arbres

En effet, ce travail constitue une base de données pour les forestiers mais, il ne représente qu'une des facettes à prendre en considération en vue de le protéger et de le restaurer.

ملخص

أجريت الدراسة بمنطقة جبل مساعد بالجنوب الغربي لولاية المسيلة خلال أشهر مارس افريل ماي 2023 في إطار تثمين أصناف النباتات الجزائرية، قمنا بدراسة أشجار الصنوبر الحلبي .

من اجل تنوع خصائصها وبنيتها الصحية والميكانيكية الايكولوجية. هذه النبتة لها خصائص مورفولوجية و فيزيولوجية تسمح لها بتحمل الظروف المناخية للمناطق الشبه الجافة. الهدف من هذا العمل هو تقييم الجدوى الغابية بمتابعة و مراقبة الوضع الحالي لهذه الغابة بما في ذلك الغطاء النباتي و الضغوط المؤثرة،. جمعت كل المعطيات عن طريق جرد غابي لـ 13 محطة اختيرت بعناية حسب الارتفاع و الاتجاه الجيوغرافي .

ومن خلال تحليل النتائج وجدنا أن استمرار فترات الجفاف هو أهم العوامل التي تؤثر على الحالة الصحية والبنية الميكانيكية للأشجار

ومن جهة أخرى وجود الحشرات الضارة التي مست حوالي 34% من الأشجار مما أدى الى موتها

كاقترح، من اجل حماية كثافة وتوزيع الأشجار بشكل جيد ومن أجل غطاء نباتي في المستوى

نطالب بزيادة التشجير ف المنطقة

Abstract

The study was conducted in the Djebel Messad region in the south west of the region of M'sila in Algeria during the months of March, April, May 2023. In the framework of evaluating Algerian plant varieties, we studied Aleppo pine trees.

For the diversity of its properties and its hygienic and mechanical-ecological structure. This plant has morphological and physiological characteristics that allow it to withstand the climatic conditions of semi-arid regions. The aim of this work is to assess the forest viability by following up and monitoring the current state of this forest, including the vegetation cover and the affecting pressures. All data we recollect through a forest inventory of 13 stations chosen according to altitude and geographic orientation. By analyzing the results, we found that the persistence of drought periods is the most important factor affecting the health status and mechanical structure of trees on the other hand, the presence of harmful insects that touched about 34% of the trees, which led to their death

As a suggestion, in order to protect the density and distribution of trees well and for a level vegetation cover we demand increased afforestation in the region

and an insecticidal solution Chenille processionnaire.

Résumé

L'étude a été menée dans la région de Djbel Messaed au sud-ouest de la wilaya de M'sila durant les mois de mars, avril, mai 2023. Dans le cadre de l'évaluation des variétés végétales algériennes, nous avons étudié le peuplement du pin d'Alep.

Pour la diversité de ses propriétés et sa structure sanitaire et mécano-écologique. Cette plante possède des caractéristiques morphologiques et physiologiques qui lui permettent de résister aux conditions climatiques des zones semi-arides. L'objectif de ce travail est d'évaluer la viabilité de la forêt en suivant et en surveillant l'état actuel de cette forêt, y compris le couvert végétal et les pressions qui l'exercent. Toutes les données ont été recueillies grâce à un inventaire forestier de 13 stations (parcelles) choisies en fonction de l'altitude et de l'orientation géographique.

En analysant les résultats, nous avons constaté que la persistance des périodes de sécheresse est le facteur le plus important affectant l'état de santé et la structure mécanique des arbres.

D'autre part, la présence des insectes nuisibles qui ont touché environ 34% des arbres, ce qui a entraîné leur mort.

A titre indicatif, afin de bien protéger la densité et la répartition des arbres et pour un couvert végétal homogène.

Nous proposons une opération de reboisement le plus possible dans la région et une solution lutte contre la Chenille processionnaire dans le plus bref délai.

Most clés : pin d'alep-etat sanitaire-état mécanique

Référence bibliographique :

1. ABI - SALEH B., BARBERO M., NAHAL et QUÉZEL P., (1976). Les séries forestières de végétation au Liban. essai d'interprétation schématique. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 123. 541 -560.
2. AGGOUN A., (2016). Evaluation d'un projet de reboisement dans la wilaya de Naâma « Projet 400 Ha TOUADJEUR » Mem .Master 2 .Univ. Tiaret.
3. ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BACHELET D., MC DOWELL 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. In *Forest Ecology and Management*. 259. p: 660-684.
4. AMARA M., (2010). Diagnostic phytoécologique d'une zone humide en milieu steppique cas « Oglat Ed दौरا », commune Ain Ben Khelil .W de Naâma. Mém. Mag. Foresterie. Univ. Tlemcen. 142 p.
5. AMARASEKARE, P. and SIFUENTES R., (2012). Elucidating the temperature response of survivorship in insects. *Functional Ecology*. 26. 959–968
6. AMMARI Y., SGHAIER T. , KHALDI A. et GARCHI S., (2001). Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table de production. *Annales de L'INGREF N° Spécial*. 239-246.
7. ANDRZEJ S., (1986). Ecology of forest insects, *drw. junk publishers series entomologica*, (50). 602-610.
8. ANONYME., (2009). Etude du plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Naama. Phase II : orientations générales, enjeux et schémas prospectifs d'aménagement. 91 p.
9. AURIVILLIUS C., (1912). *Cerambycidae: Cerambycinae*. In *Coleopterorum Catalogus*,. Vol. 22(39). Ed. S. Schenkling, Berlin. Junk.
10. BABST F., POULTER B., TROUET V., TAN K., NEUWIRTH B., WILSON R., CARRER M., GRABNER M., TEGEL W., LEVANIC T., (2013). Site and species specific responses of forest growth to climate across the European continent. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 22. 706-717.
11. BAGNOULS F., et GAUSSEN H., (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* (88).3-4 .193-239.
12. BALACHOWSKY A.S., (1949) *Coléoptères Scolytides*. Faune de France, N°50. P. Lechevalier, Paris. 320 p.
13. BALACHOWSKY A., (1949). Coléoptères scolytides faune de France, *Ouvrage publié avec le concours du centre National de la Recherche Scientifique*. 320 pages
14. BALACHOWSKY A.S., (1963). *Entomologie appliquée à l'Agriculture*, Tome 1. Vol. 2, Paris, Masson. 1391 p
15. BARBERO M., CHALABI N., NAHAL I., et QUEZEL P., (1976). Les formations à Conifères méditerranéens en Syrie littorale. *Ecol. Medit.* 2, Marseille. 87-99
16. BEDEL J., (1986). Aménagement et gestion des peuplements de *Pinus halepensis* dans la zone méditerranéenne française. Options méditerranéennes. Série d'étude CIHEAM 86/1. 127-156.

17. BEKER M., PICARD J.F et TIMBAL J., (1982). Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.
18. BENABDELI K., (1996). Aspects physionomico - structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts de Dhaya (Algérie septentrionale occidentale) - Thèse Doct. Etat en Biol. 2T. Univ. S.B.Abbès. 356 p.
19. BENABID A., (1994). Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica*(Manetti). *Ann. Rech For Maroc*. t. XXVII. 61-76.
20. BENMEDDAH F., (2010). Les mutations spatiales d'un milieu forestier: cas de la forêt de Zarifet (Tlemcen). *Mém. Ing. dép, fores. Fac. Sci. Univ. Tlemcen*. 91p.
21. BENSALD S., (1995). Bilan critique du barrage vert en Algérie. *Rev. Sécheresse* n° 3, vol. 6, septembre 1995. 247-255.
22. BENSE U., (1995). *Longicornbeetles: illustrated key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe*. Weikersheim: Margraf.
23. BENTOUATI A. et BARITEAU M., (2006). Réflexion sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, t. XXVII (4). 317-322.
24. BENTOUATI A., (2006). Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de OuledYagoub (Khenchela – Aurès).
Thèse dedoctorat. Inst. d'Agronomie. Univ. Batna .107 p.
25. BENTOUATI A., (2008). La situation du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*. t. XXIX. (2) 203-208.
26. BENTOUATI A., OUDJEHIH B et ALATOU D., (2005). Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep dans le massif de OuledYakoub et des Beni Oudjana (Khenchela- Aurès). *Sci. Tech*. 23: 57-62.
27. BORGHETTI M., MAGNANI F., FABRIZIO A., SARACINO A., (2004). Facing drought in a Mediterranean post-fire community: tissue water relations in species with different life traits. *Acta Oecol.*, (25) 1-2 : 67-72.
28. BOUDY P. (1952). Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique, Paris. 245-258.
29. BRADBURY., P.M., (1998). The effects of the burnt pine longhorn beetle and woodstaining fungi on fire damaged *Pinus radiata* in Canterbury. *New Zealand Forestry* 43.28-31.
30. BRÉDA N., HUC R., GRANIER A., DREYER E., (2006). Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63.625-644.
31. BROCHIÉRO F., (1997). Écologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. Mémoire de fin d'étude CEMAGRF AIX en Provence. ENREF. 73 p.
32. BROCHIÉRO F., CHANDIOUX O., RIPERT C., et VENNETIER M., (1999).
Autécologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt Méd.* 20. 83-94.
33. BROCKERHOFF, E. G., and HOSKING, G. P. 2001. *Arhopalustris* (F.) [D *Arhopalus ferus* (Mulsant)] (Coleoptera: Cerambycidae), Burnt pine longhorn. Forest and Timber Insects in New Zealand No. 27. Forest Research, Rotorua, New Zealand. (in press).

34. BRONSTEIN, J.L., ALARCON, R., and GEBER M., (2006). The evolution of plant–insect mutualisms. In *New Phytologist* 172. p. 412-428.
35. BYERS J., (1992). Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. In *Journal of Chemical Ecology* 18. 2385-2402.
36. CAILLERET M., NOURTIER M., AMM A., DURAND-GILLMANN M., AND DAVI H., (2013). Drought-induced decline and mortality of silver fir differ among three sites in Southern France. In *Annals of Forest Science*. 1-15.
37. CAMARERO J.J., CORCUERA L., PEÑUELAS J., GIL-PELEGRÍN E., (2004). Cambio global y decaimiento del bosque. In: Valladares, F. (Ed.), *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 397-423.
38. CANNON K.F., ROBINSON W.H., (1982). An artificial diet for the laboratory rearing of the old house borer, *Hylotrupes bajulus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Canadian Entomologist*, 114.739-742.
39. CARNICER J., COLL M., NINYEROLA M., PONS X., SANCHEZ G., PEÑUELAS J., (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA* 108: 1474-1478.
40. CHAKROUN M.L., (1986). Le pin d'Alep en Tunisie. *Options Méditerranéennes*. Série Étude CIHEAM 86/1 : 25-27.
41. CHEMSAK J.A., LINSLEY E.G., (1965). New genera and species of North American Cerambycidae (Coleoptera). *The Pan-Pacific Entomologist* 41. 141- 153.
42. CLARKE A. and FRASER K.P.P., (2004). Why does metabolism scale with temperature?
43. *Functional Ecology* 18, 243–251.
44. DAGET P., (1977). Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio* 34.1-20.
45. DAGET PH., (1977). Le bioclimat méditerranéen, analyse des formes par le système d'Emberger. *Végétation*. 34(2).78-124.
46. DAHMAN M., (1986). les produits du pin d'Alep en Tunisie .option 86/1 CIHEAM.
47. DALLMEIER F., (1992). (ed) Long-term Monitoring of biological Diversity in Tropical forest Areas: methods for Establishment and Inventory of permanent plots. M.A.B. Digest 11. United Nations Educational, Scie. and Cultural Organization (UNESCO). Paris, France. 72p.
48. De MARTONNE E., (1923). *Traité de géographie physique I, notions générales, hydrographie*. Ed. A. Colin. Paris. 496p.
49. DEBRACH J., (1953). Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc Méridiona*. 32. 1122–1134.
50. DÉMOLIN G., (1967). Gréganisme et subsocialité chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Nid d'hiver - activité de tissage. C. R. Ve congrès de l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux. 69 p.

51. DENTAND F., (2008). Dépérissement forestier des Alpes maritimes. Actions déjà entreprises par les communes forestières et l'Office National des Forêts. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 195-200.
52. DJEBAILI S., ACHOUR A., DJELLOULI Y. et KADIK L., (1982). Carte phytoécologique de l'Algérie : Mécheria. Carte publiée par le Centre de recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres (CRBT). Alger, Algérie.
53. DJEBAILI S., (1984). Steppe Algérienne phytosociologie et écologie, Alger. office des publications universitaires. 178 p.
54. DOBBERTIN M., BRANG P., (2001). Crown defoliation improves tree mortality models. *For. Ecol. Manag.* 141. 271-284.
55. DOMINIK J., (1968). Results of observations on the role of some physical environmental factors in the limitation of the abundance of insects developing in wood. (In Polish.), *Sylvan.* 112. 19-23.
56. DROBYSHEV I., LINDERSON H., SONESSON K., (2007). Relationship between crown condition and tree diameter growth in southern Swedish oaks. *Environ. Monit. Assess.* 128. 61-73.
57. DUCHENE., (2003). marie. Guide des arbres et arbustes. France : sélection du Reader's digest. 319p.
58. DUFFY EAJ., (1968). *A monograph of the immature stages of Oriental timber beetles (Cerambycidae)*. London: The British Museum (Natural History).
59. DURAND-GILLMANN M., (2014). Interactions plantes-insectes dans deux écosystèmes forestiers méditerranéens contrastés le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae) en région méditerranéenne. Thèse Doctorale en sciences de l'environnement. Aix - Marseille université, France. 176p
60. DURAND-GILLMANN, M., CAILLERET, M., BOIVIN, T., NAGELEISEN, L.-M.,
61. EL KHORCHANI A., GADBIN-HENRY C., BOUZID S., KHALDI A., (2007). The impact of drought on the growth of three forest species in Tunisia (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* Sol.), *Sécheresse*. (18) 2. 113-121.
62. EMBERGER L., (1930). La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 42. pp 705-721p.
63. EMBERGER L., (1955). Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier. (7) .pp : 1-47.
64. FABRE J.P., MOUNA M., DU MERLE P et BENHALIMA S., (1999). Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'atlas en Afrique du nord, en France et en Europe, forêt méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne* t. XX, N 4. 203-218.
65. FAO., (2011). Guide pour la mise en œuvre des normes phytosanitaires dans le secteur forestier. Bonnes pratiques pour la protection sanitaire des forêts Études FAO: forêts (FAO ed.), Rome. 116p.
66. FAO., (2017). TP 23: Traitement par fumigation au fluorure de sulfure contre les nématodes et insectes présents dans le bois écorcé. Traitements phytosanitaires contre les organismes nuisibles réglementés NIMP 28 (normes internationales pour les mesures phytosanitaires 28). annexe 23.8p.

67. FARJON A.K., (1996). Biodiversity of Pinus (Pinaceae) in Mexico : Speciation and palaeoendemism. *Bot. J. Linn. Soc.*, London .121(4). 365-384.
68. FAURIE C., FARRA C. et MEDORI P., (1980). Écologie. *Éd. Baillière J.-B.* Paris, 168 p.
69. FISCHER C. and HÖLL W., (1992). Food reserves of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In *Trees*6. 147-155.
70. FORKNER R.E., MARQUIS R.J., and LILL J.T.,(2004). Feenyrevisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. In *EcologicalEntomology*29. 174-187.
71. GALIANO L., MARTÍNEZ-VILALTA J., LLORET F., (2010). Drought-inducedmultifactordecline of scots pine in the pyrenees and potentialvegetation change by the expansion of co-occurringoakspecies. *Ecosystems*13. 978-991.
72. GARREC J.P., KERFOURN C. et LAITA E., 1989. Étude des surfaces foliaires des arbres dépérissants. *Ann. Sci. For.* 46.547-552.
73. GARRIGUE J., MAGDALOU J. A. et HURSON C., (2008). Les effets de la canicule et de la sécheresse sur la forêt de la Massane (Pyrénées Orientales). *Forêt Méditerranéenne.* t. XIX, (2). 183-188.
74. GAZONNEAU A., (2007). Pour la forêt méditerranéenne, le changement climatique est déjà à l'oeuvre.<http://actscience.blogspot.com/2007/11/pour-la-foretmediterranenne-le.html>.
75. GERNANDT D.S., LOPEZ G.G., GARCIA S.O., LISTON A., (2005). Phylogeny and classification of Pinus. *Taxon.* 54. 29-42.
76. GHERABI B., (2013). contribution a l'étude de la reprise végétative du chêne liège après incendie cas de la foret de zariffet (wilaya de Tlemcen), mémoire, ingénieur d'état en foresterie, univ. Tlemcen. 62p.
77. GIRARD F., VENNETIER M., GUIBAL F., CORONA C., OUARMIM S., HERRERO A., (2012). Pinus halepensis Mill. crown development and fruitingdeclinedwithrepeateddrought in Mediterranean France. *Eur. J. For. Res.* 131. 919931.
78. GRAF M., REID M., AUKEMA B., AND LINDGREN B. (2012). Association of treediameterwith body size and lipid content of mountain pine beetles. In *Canadian Entomologist*144. 467 p.
79. GRAF P. et MZIBRI M., (1994). Les ravageurs sous-corticaux et xylophages : les Scolytes des Pins in : EL HASSANI A., GRAF P., HAMD AOUI M., HARRACHI K., M ESSAOUDI J., HAACK R.A., 2004. *Orthotomicuserosus*: a new Pine-infestingbarkbeetle in the United States. *Newsletter of the Michigan Entomological Society.* 49 (3/4). 3-15
80. GUIT B., 2015 croissance et état sanitaire des peuplements de pin d'alep (*pinus halepensis* mill.) dans le massif forestier de senalba (région de Djelfa). Thèse Doctorale en sciences Agronomiques, école nationale supérieure d'agronomie El Harrach, Alger.107p.
81. HAACK R.A., (2006). Exoticbark and wood-boringColeoptera in the United States: recent establishments and interceptions. In *Canadian Journal of Forest Research.* 36. p : 269-288.
82. HANKS L.M., (1999). Influence of the larval host plant on reproductive strategies of Cerambycidbeetles. *AnnualReview of Entomology.* 44. 483-505.
83. HEINRICH B. (1993). The hot-bloodedinsects, Harvard UniversityPress, Cambridge MA.

84. HOSKING G.P., BAIN J., (1977). *Arhopalusferus*(Coleoptera: Cerambycidae): itsbiology in NewZealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 7.3-15.
85. HUA L.Z., (1982.). *A checklist of the longicornbeetles of China (Coleoptera: Cerambycidae)*. Guangzhou:Zhongshan UniversityPress.
86. HUCHON H., DEMOLIN G., (1970). La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev. For. Fr.* [en-ligne] XXII, n°spécial « La lutte biologique en forêt ». 220-234. [<http://documents.irevues.inist.fr>].
87. INCLA N.R., GIMENO B.S., DIZENGREMEL P et SANCHEZ M., (2005).Compensation processes of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) to ozone exposure and drought stress. *Environmental Pollution*. 137. 517-524.
88. JACTEL H., PETIT J., DESPREZ-LOUSTAU M.L., DELZON S., PIOU D., BATTISTI A., and KORICHEVA J.,(2011). Droughteffects on damage by forestinsects and pathogens: ameta-analysis. In *Global Change Biology*.
89. JUMP A.S., HUNT J.M., PEÑUELAS J., (2006). Rapid climate change-relatedgrowthdecline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Glob. Change Biol.* 12. 2163-2174.
90. KADIK B., (1983). Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doctorat. Etat, Aix-Marseille III, 313 p.
91. KADIK B., (1986). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Écologie. dendrométrie et morphologie. *Ed. O.P.U. Alger*, Algérie. 581 p.
92. KADIK B., (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. *Office des publications universitaires (Alger)*. 585p.
93. KADIK-ACHOUBI L., (2005). Étude phytosociologique et phytoécologique des formations à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien. Thèse de Doctorat. USTHB, Alger. 341p.
94. KHERCHOUCHE D., BENTOUATI A. et KAABÈCHE M., (2011). Croissance et écologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif de Beni-Imlou (Aurès, Algérie). *Sécheresse* 22. 43-48.
95. KORICHEVA, J., LARSSON, S., AND HAUKIOJA, E., (1998). Insect performance on experimentallystressedwoody plants: a meta-analysis. In *Annualreview of entomology*43. 195-216.
96. LACOSTE A. et SALANON R., (2001). Eléments de biogéographie et d'écologie. 2^{ème} édition. *Ed. Nathan / HER*, Paris. 318 p.
97. LAWSON S. A., et SATHYAPALA S. (2008). The Risk of Pine WiltDisease to Australia and New Zealand. In M. M. Mota & P. Vieira (Eds.), *Pine WiltDisease: A Worldwide Threat to Forest Ecosystems* .41-58. Dordrecht: Springer Netherlands.
98. LE HOUÉROU H.N., (1990). Global change: vegetation, ecosystems and land use in the southernMediterranean basin by the mid-twenty -first century, *IsraelJournal of Botany* 39. 4 8 1-508.
99. LE MEIGNEN P. et MICAS L., (2008). Bilan des dépérissements forestiers dans les Alpes-de Haute-Provence. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 177-182.

100. LEBOURGEOIS F. et BECKER M., (1996). Dendroécologie du pin laricio de Corse dans l'ouest de la France. Évolution du potentiel de croissance au cours des dernières décennies. *Ann. Sci. For.* 53.931-946.
101. LEE J.C., FLINT M.L. et SEYBOLD S.J., (2008) Suitability of Pines and other Conifers as hosts for the invasive Mediterranean Pine Engraver (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *J. Econ. Entomol.* 101(3). 829-837.
102. LEFEVRE F., BOIVIN T., BONTEMPS A., COURBET F., DAVI H., DURAND GILLMANN M., FADY B., GAUZERE J., GIDOIN C., KARAM M.J., LALAGÜE H., ODDOU-MURATORIO S., AND PICHOT C. (2013). Considering evolutionary processes in adaptive forestry. In *Annals of Forest Science*. P : 1-17.
103. LETREUCH-BELAROUCI N., (1991) Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. 2 Tomes. Ed. OPU, Alger. 641 p.
104. LIEUTIER F., VOULAND G., KHOUS M.G. (1992). *Rapport de mission sur les dépérissements, forestiers en Algérie et le rôle des insectes xylophages*. Projet de coopération INRA, France. INRF Algérie.
105. LINARES J.C., CAMARERO J.J., CARREIRA J.A., (2009). Interacting effects of changes in climate and forest cover on mortality and growth of the southernmost European fir forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 18. 485-497.
106. LINSLEY E.G., (1959). Ecology of Cerambycidae. *Annual Review of Entomology*. 4. 99.138.
107. LÓPEZ G.G., KAMIYA K., HARADA K., (2002). Phylogenetic relationships of Diploxylon pines (Subgenus Pinus) based on plastid sequence data. *International Journal of Plant Sciences*. 163. 737-747.
108. LORIO, P.L., and SOMMERS, R.A., (1986). Evidence of competition for photosynthates between growth processes and oleoresin synthesis in *Pinus taeda* L.. In *Treephysiology* 2. 301-306.
109. MAESTRE F., CORTINA J., BAUTISTA S., BELLOT J., (2003). Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *Forest Ecology and Management*. 176. 147-160.
110. MARIE-LAURE DESPREZ-LOUSTAU, BENOIT MARÇAIS, LOUIS-MICHEL NAGELEISEN, DOMINIQUE PIOU, AND ANDREA VANNINI, (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. In *Ann. For. Sci.* 63. 597-612.
111. MARTIN J.C., (2007). « la chenille processionnaire du pin ». futura .sciences.[en ligne]. http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologie_chenille_processionnaire-pin-700/.
112. MATTSON, W.J., AND HAACK, R.A., (1987). The Role of Drought In Outbreaks of Plant-eating Insects. In *Bioscience* 37. 110-118.
113. MCDOWELL N.G., FISHER R.A., XU C., DOMECH J.C., HÖLTTÄ T., MACKAY D.S., SPERRY J.S., BOUTZ A., DICKMAN L., GEHRES N., LIMOUSIN J.M., MACALADY A., MARTINEZ-VILALTA J., MENCUCCINI M., PLAUT J.A., OGEE J., PANGLE R.E., RASSE D.P., RYAN M.G., SEVANTO S., WARING R.H., WILLIAMS A.P., YEPEZ E.A., AND POCKMAN W.T. (2013). Evaluating theories of drought-induced vegetation mortality using a multimodel-experiment framework. In *New Phytologist* .200. p: 304-321.

114. MEBKHOUT M., (2001). Rapport d'évaluation sur le barrage vert. Document de l'association écologique APAE, Naama. 13 p.
115. MEZALI M., (2003). Rapport sur le secteur forestier en Algérie. *3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts*. 9 p.
116. MUELLER E. and STIERLIN H.R., (1990). Sanasilva Tree Crown Photos with Percentages of Foliage Loss. Birmensdorf, Switzerland.
117. MUSSET R., (1935). Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest. *Vo XLIV*. 15 mai. 311-313.
118. NAHAL I., (1962). Le Pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*. 19. (4). 533- 627.
119. NEDJRAOUI D et BEDRANI S., (2008). « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. V.8 N1. URL : <http://vertigo.revues.org/5375>.
120. NETHERER S., and SCHOPF A., (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. In *Forest Ecology and Management* 259. 831-838.
121. OGAYA R., PEÑUELAS J., MARTÍNEZ-VILALTA J., MANGIRÓN M., (2003). Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holmoak forest of NE Spain. *For. Ecol. Manag.* (180) 1-3. 175-184.
122. PARDÉ J., (1957). La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*. T. XV, Fasc. 2. 365-414.
123. PAYNE J.A., LOWMAN H. and R.R PATE., (1975). Artificial diets for rearing the tanglehorned Prionus. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 68:680-682.
124. PRICE R.A., LISTON A., STRAUSS S.H., (1998). Phylogeny and systematic of *Pinus*. In Richardson D.M. (Ed.) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge (UK). 49-68.
125. QUÉZEL P et BARBÉRO M., (1992). Le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne XIII* (3) . 158-170.
126. QUEZEL P, (1986). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans : *Actualités d'Ecologie Forestière (Ed. : Pesson), Ed. Gauthier Villars, Paris, pp. 205-256.*
127. QUEZEL P., (1986). Les Pins du groupe «*halepensis*»: Écologie, Végétation, Écophysologie. *Options Méditerranéennes*. Série Étude CIHEAM 86/1 . 11-24.
128. QUÉZEL P., (2000). Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). In Neeman G. and Trabaud L. (Eds.). *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P brutia forest ecosystems in the Mediterranean basin*. Backhuys Publishers, Leiden. 1-12.
129. QUEZEL P., BARBERO M et BENABID A., (1987). Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du haut Atlas oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea*. Tome XIII. Fasc. 1-2. 107-113
130. RAFFA K.F., AUKEMA B.H., BENTZ B.J., CARROLL A.L., HICKE J.A., TURNER M.G., and ROMME W.H., (2008). Cross-scale drivers of natural disturbances prone

- to anthropogenic amplification: The dynamics of barkbeetleeruptions. In *Bioscience* 58. 501-517.
131. RAMADE F., (1984). Éléments d'écologie,Écologie fondamentale. Éd. *MeGraw-Hill*. Paris, 397 p.
132. RAMADE F., (2003). Elément d'écologie, écologie fondamentale .3ème édition .Paris. 690p.
133. RATHGEBER C., MISSON L., NICAULT A., GUIOT J., (2005). Bioclimatic model of tree radial growth: application to French MediterraneanAleppo pine forests. *Trees*. 19.162- 176.
134. RATHGEBER C., NICAULT A., GUIOT J., KELLER T., GUIBAL F., ROCHE P., (2000). Simulatedresponses of *Pinus halepensis* forestproductivity to climatic change and CO2 increaseusing a statistical model. *Glob Planet Change*. (26) 4. 405-421.
135. RIGOLOTT E., (2008). Impact du changement climatique sur les feux de forêt. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 167-176
136. RIPERT C. et VENNETIER M., (2001). Croissance et écologie du pin d'Alep en France. CEMAGREF. Division agriculture. Groupement d'Aix en Provence. Le TholonetBP 31. 38 p.
137. RONDEUX., (1993). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Les Presses Agronomiques de Gembloux. 521p.
138. ROUAULT G., CANDAU J.N., LIEUTIER F., NAGELEISEN L.M., MARTIN J.C., and WARZEE N., (2006). Effects of drought and heat on forestinsect populations in relation to the (2003). drought in Western Europe. In *Annals of Forest Science*. 63. p: 613624.
139. SANCHEZ-SALGUERO R., NAVARRO-CERRILLO R.M., CAMARERO J.J., FERNANDEZ-CANCIO A., (2012). selectivedrought-induceddecline of pine species in southeasternspain. *Clim. Change* 113. 767-785.
140. SARDANS J., PEÑUELAS J., (2007). Drought changes the dynamics of trace element accumulation in a Mediterranean*Quercus ilex*forest. *Environ. Pollut.* (147) 3. 567-583.
141. SARRIS D., CHRISTODOULAKIS D., KORNER C., (2011). Impact of recentclimatic change on growth of lowelevationeasternMediterraneanforesttrees. *Clim. Change*, 106. 203-223.
142. SAUVARD D., LIEUTIER F., LEVIEUX J., (1987). Répartition spatiale et dispersion de *Tomicuspiperda* L.(ColeopteraScolytidae) en forêt d'Orléans, Ann. Sci.For.1987.44(4).417-434
143. SCARASCIA-MUGNOZZA G., (1986). Recherches sur l'écophysiologie de *Pinus halepensis* Mill. (Research on the ecophysiologie of *Pinus halepensis* Mill.). *Options Méditerranéennes*, 1. 89-97.
144. SCHEINER P., (2003). Les chenilles processionnaires chez le chien. Thèse Méd. Vét., Lyon. N°136. 122p.
145. SCHOWALTER T.D., (2006). Insectecology: an ecosystemapproach. San Diego. Academic Press. 572p.

146. SEIGUE A., (1985). La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. *Ed. Maison neuve et Larose*, Paris. 502 p.
147. SELTZER P., (1946). Le climat de l'Algérie. *Inst. de météo et de physique du globe*. Université d'Alger. 219 p.
148. SGHAIER T., AMMARI Y., GARCHE S. et KHALDI A., (2001). Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep. *Annales de l'INGREF N° special*. 45.
149. SHIMOJI Y., MIYATAKE T., (2002). Adaptation to artificial rearing during successive generations in the West Indians sweetpotato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann Entomol Soc Am* 95(6):735–739
150. SOLTANI A., (2016). Typologie et Fertilité des stations de pin d'Alep de la forêt de Benjloud (Saida). Mémoire, master en foresterie. univ. Tlemcen. 141 p.
151. SOULERES G., (1969). Le pin d'Alep en Tunisie : *Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest. Tunisie*. Vol 2. Fasc.1. 126 p.
152. SUCKLING D.M., GIBB A.R., DALY., CHEN X. and BROCKERHOFF E.G. (2001)., behavioral and electrophysiological responses of *arhopalustrististo* burnt pine and other stimuli. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 27, No. 6, 2001, 14 .1091-1104
153. VARELA M.C., (2008). Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 209-212.
154. VENET J., (1986). Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
155. VENNETIER M. et RIPERT C., (2010). Climate change impact on vegetation: lessons from an exceptionally hot and dry decade in South-eastern France. In: *Climate Change and variability*, Rijeka, Croatia. *Sciyo*. 225-241.
156. VENNETIER M., RIPERT C., BROCHIERO F., RATHGEBER C., CHANDRIOUX O. et ESTEVE R., (2010). Évaluation de la croissance du pin d'Alep en région méditerranéenne française. *Rev. Forestière Française* 5. 11-17.
157. VILA B., VENNETIER M., RIPERT C., CHANDRIOUX O., LIANG E., GUIBAL F. et TORRE F., (2008). Has global change induced opposite trends in radial growth of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis* at their bioclimatic limit? The example of the Sainte-Baume forest (south-east France). *Ann. For. Sci.* (65). 709-724.
158. VISSER, J., (1988). Host-plant finding by insects: orientation, sensory input and search patterns. In *Journal of Insect Physiology* 34. 259-268.
159. ZENZEN W., (2016). Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt de Ouennougha dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj, mémoire, master en foresterie . univ. Tlemcen 60p.
160. ZINE EL ABIDINE A., (2003). Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. *Sécheresse*. 14 (4). 209-218.