



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir EL Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

**Etat sanitaire de la pinède de la région
de Mansourah (Wilaya de Bordj Bou Arréridj)**

Présenté par :

Belgoumri Abdelatif

Devant le jury :

Président : BELLOULA S

M.C.B (Université de BBA)

Promoteur : REGOUI C

M.A.A (Université de BBA)

Examineur : MELOUANI N

M.C.B (Université de BBA)

Année universitaire : 2020/2021

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que
j'aime et en particulier :*

*À mes parents qui m'ont toujours apporté amour et
affection ;*

À mes chers frères et sœurs ;

À tous mes fidèles amis en particulier :

Mr : Sabtioui Fouad , Mr : Mairache Farid

Mr : Bouhcida Youssef et Mr : Libidi Mouhamed amin;

*À toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin
Surtout Mr Maouche Fares et Kouidmi Atik ;*

À tous mes collègues de district de forêt bordj ghedir

*À tous les étudiants de ma promotion de Master 99, à
qui je souhaite beaucoup de succès.*

Belgounri Abdelatif

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu, le tout puissant, qui me guide toujours vers la bonne voie, qui me donne la volonté et la patience afin de réaliser mes objectifs, et qui m'aide à surmonter tous les obstacles rencontrés sur le chemin du savoir.

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon encadreur Melle REGOUA Chelbia, d'avoir accepté de diriger ce travail avec beaucoup d'attention et de soin.

Ma reconnaissance va également à Mme Belloula Salima, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury, ainsi Mme Melouani Naziha d'avoir bien voulu examiner ce travail.

Je remercie les plus sincères vont particulièrement à Monsieur Mhamdi Ameer, Monsieur Kahoul Youcef et tous les agents forestiers de District des forêts de Harraza, et Ouled Sidi Brahim pour le temps précieux qu'ils m'ont donné, pour leur accueil sur terrain, les conseils qu'il nous a prodigués, son aide sans limites, et sa bonté.

J'adresse mes plus vifs remerciements à mes enseignants et à tous les étudiants en particuliers de la section Master 99, Biodiversité et Environnement promotion 2020/2021.

Mes sentiments de reconnaissances et mes remerciements vont

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Situation géographique de la région d'étude Mansourah (Belgoumri , 2021).	03
02	Carte des pentes de Mansourah (Belgoumri , 2021).	05
03	Extrait des cartes géologiques de Mansourah feuille n° 114 et Béni Mansour feuille n° 90 avec une échelle de 1/50 000 (Bouragba , 2015).	06
04	Carte hydrologique de Mansourah (Belgoumri , 2021).	07
05	Variation mensuelle de la pluviométrie de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).	09
06	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).	10
07	Localisation de Bordj Bou Arréridj dans le climagramme d'Emberger pour la période (1991-2020).	12
08	Localisation géographique des 10 placettes d'étude (Belgoumri , 2021).	14
09	Situation topographique décrite selon un indice topographique (Masson, 2005).	15
10	Niveaux de mesures de la Circonférence des arbres en situations particulières .	17
11	Distribution des arbres par classe de circonférence des 07 placettes adultes .	23
12	Distribution des arbres par classe de hauteur totale moyenne des 07 placettes.	24
13	Distribution des arbres par classe de défoliation des 10 placettes étudiées.	26
14	Distribution des placettes selon l'indice de santé « ID ».	28

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Classes de pente de la forêt domaniale de Ouennougha.	04
02	Variation des températures moyennes mensuelles (1991-2020)	08
03	Répartition mensuelle des précipitations (1991-2020).	09
04	Régime saisonnier de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).	10
05	Situation bioclimatique de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).	11
06	Principaux descripteurs des relevés sylvicoles (Adjami, 2016).	16
07	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres selon (Arnaldo et al ., 2010).	18
08	Classes de décoloration des feuilles (Bouhraoua et al ., 2002).	18
09	Principales catégories de dépérissement du peuplement du pin d'Alep prises en compte en fonction de l'indice de dépérissement « ID».	19
10	Relevés géographiques et topographiques des 10 placettes d'étude.	20
11	Principales caractéristiques sylvicoles des placettes d'observation.	21
12	Principales caractérisations stationnelles des 10 placettes.	22
13	Classes de circonférence des arbres des 7 placettes adultes .	22
14	Classes de circonférence des arbres des 3 placettes des peuplements jeunes.	23
15	Classes de la hauteur totale des arbres des 7 placettes adultes .	24
16	Classes de la hauteur des arbres des 3 placettes des peuplements jeunes.	25
17	Résultats de l'inventaire sanitaire des placettes d'étude.	25
18	Calcul des indices de santé et catégorie sanitaire des 10 placettes d'étude.	27
19	Liste floristique accompagnant le pin d'Alep.	29

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

SOMMAIRE

Introduction.....	01
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
1. Présentation de la zone d'étude	03
1.1.Situation géographique et Localisation administrative	03
1.2.Caractéristiques physiques	04
1.2.1.Pédologie	04
1.2.1.1. Classe des sols minéraux bruts.....	04
1.2.1.2. Classe des sols peu évolués d'apport colluvial.....	04
1.2.1.3. Classe des sols peu évolués.....	04
1.2.1.4. Classe des sols iso-humiques.....	04
1.2.2. Relief	04
1.2.3. Géologie	05
1.2.3.1. Quaternaire.....	05
1.2.3.2. Domaine des flyshs.....	05
1.2.3.3. Eocène.....	05
1.2.3.4. Crétacé supérieur.....	06
1.2.3.5.Crétacé inférieur.....	06
1.2.4. Hydrologie	06
1.3. Caractéristiques physiques	07
1.3. 1. Climatologie	07
1.3.1.1. Température	08
1.3. 1.2. Précipitations	09
1.3 .1.3. Régime saisonnier	09
1.3.2. Synthèse bioclimatique	10
1.3.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	10
1.3.2.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	11
1.4. Végétation	12

Chapitre II : Méthodologie de travail

2.1. Choix des placettes d'étude	14
2.2. Caractérisation des placettes d'étude	15
2.2.1. Relevés géographique et topographique	15
2.3. Caractérisation sylvicole	16
2.4. Caractérisations dendrométrique des arbres	17
2.4.1. Circonférence à 1, 30 m	17
2.4.2. Hauteur totale	17
2.4.3. Distance entre les arbres voisins	18
2.5. Diagnostic de l'état de santé	18
2.5.1. Examen de la cime	18
2.5.1.1. Défoliation	18
2.5.1.2. Décoloration	18
2.5.1.3. Indice de dépérissement (ID)	19
2.5.2. Examen du tronc	19
2.6. Relevés floristiques	19

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1. Résultats	
3.1.1. Caractérisation géographique et topographique	20
3.1.2. Caractérisation sylvicole	20
3.1.3. Caractérisations stationnelles	21
3.1.4. Caractérisation dendrométrique	22
3.1.4.1. Circonférence des arbres	22
3.1.4.2. Hauteur totale des arbres	24
3.1.5. Diagnostic de l'état de santé des arbres	25
3.1.5.1. Examen de la cime	25
3.1.5.1. 1. Décoloration	26
3.1.5.1. 2. Défoliation	26
3.1.5.1.3. Indice de santé	27
3.1.6. Relevés floristiques	28
3.2. Discussion	29
Conclusion	33
Références Bibliographiques	

Introduction

Introduction

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importantes dans le monde, elle occupe environ 64 millions d'ha de forêts arborées et 19 millions d'ha de formations subforestières (Seigue, 1985), sa délimitation repose sur des critères climatiques et biogéographiques (Ramade, 1996). Elle est caractérisée par divers types bioclimatiques et par l'hétérogénéité des milieux (altitude et sol), favorisant ainsi la formation d'une grande variété de peuplements végétaux et animaux (Quézel et al., 1999), d'où résulte la biodiversité exceptionnelle pour chaque type de climat (Quézel et Médail, 2003). Dix espèces de conifères et trois espèces de chênes occupent seulement la superficie maghrébine (White, 1986), réparties sur les différents étages bioclimatiques (Quézel et Médail, 2003).

Dans la région semi-aride où se tracent les limites méridionales de la région méditerranéenne, deux essences forestières importantes au Maghreb occupent particulièrement cette bordure inférieure : le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et le chêne vert (*Quercus ilex*, *Quercus rotundifolia*). En outre, la région semi-aride qui se caractérise par un climat très ardu, des précipitations irrégulières (300-600 mm) et des températures estivales très élevées (sécheresse) font subir aux arbres un stress hydrique (Quézel et Médail, 2003).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une essence du pourtour méditerranéen qui s'adapte de par ses vastes étendues, à plusieurs types de sols et d'altitudes (Prévosto et al., 2009). En effet, il occupe dans le sud de l'Europe des altitudes qui varient de 0 à 1000 m, tandis qu'en Afrique du Nord, il culmine jusqu'à 2600 m d'altitude dans les reliquats des forêts de l'Atlas (Belghazi et al., 2000), témoignant ainsi d'une grande plasticité climatique (Prévosto, 2013). Il est observé depuis les chaînes littorales de la Catalogne en Espagne, avec un climat humide, jusqu'aux limites du Sahara en Afrique du Nord avec un climat semi-aride (Prévosto, 2013). Entre ces larges étendues méditerranéennes, le pin d'Alep peut refléter une grande variation démographique et dendrométrique liée aux caractéristiques stationnelles de chaque région (Quézel et Médail, 2003).

Au Senalba (Djelfa), l'apparition des premiers Pins d'Alep rougeâtres, montrant des signes de dépérissement, a été observée au cours de l'hiver 1988. Quelques années plus tard avec la sécheresse qui a sévi et les variations des températures enregistrées, l'ampleur des dégâts a été ressentie et une plus grande extension du phénomène s'est généralisée dans diverses pinèdes. Les dépérissements des forêts de pin d'Alep en zone semi-aride sont en étroite relation avec l'activité des populations de diverses espèces de scolytes (Guit et al., 2015).

Notre zone d'étude est la forêt domaniale de Ouennougha wilaya de Bordj Bou Arréridj. Elle est constituée principalement de peuplements de pin d'Alep,

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'état de santé de cette forêt caractérisée par un climat semi-aride. En premier lieu on va dresser un constat de l'état sanitaire des peuplements naturels de Pin d'Alep de la forêt de Ouennougha. Dans Un second lieu on va tenter de faire ressortir les facteurs stationnels et écologiques pouvant avoir une influence sur le phénomène de dépérissement .

Pour cela le présent travail est composé de trois chapitres:

- Le premier chapitre concerne une présentation générale de la zone d'étude où nous avons abordé une étude physique (sol, climat), et une description du milieu.
- Le deuxième chapitre présente la méthodologie et le matériel utilisé pour la caractérisation de l'état sanitaire des peuplements forestiers.
- Le troisième chapitre est consacré quant à lui aux résultats et discussion .

On termine ce travail par une conclusion sur les différents résultats obtenus.

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude

Les données de la zone d'étude sont tirées des rapports d'orientation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (P.D.A.U,2009) de la daïra de Mansourah.

1.1.Situation géographique et Localisation administrative

La forêt domaniale de Ouennougha fait partie de la daïra de Mansourah qui est une daïra qui appartient à la wilaya de Bordj Bou Arréridj, elle est située à 35 km à l'Ouest de la wilaya , occupant une superficie de 836 km², avec les Coordonnées suivantes 36° 04' 55" Nord 4° 27' 36" Est (Figure 01).

Elle est limitée :

Au Nord par la Wilaya de Béjaïa et Bouira

Au Sud par la Wilaya de M'sila

À l'Est par les communes de Médjana et yachir

À l'Ouest par la Wilaya de Bouira

La daïra de Mansourah est composée de cinq communes toutes forestières qui sont : Mansourah, Harraza, El Mehir, Bendaoud et Ouled sidi Brahim.

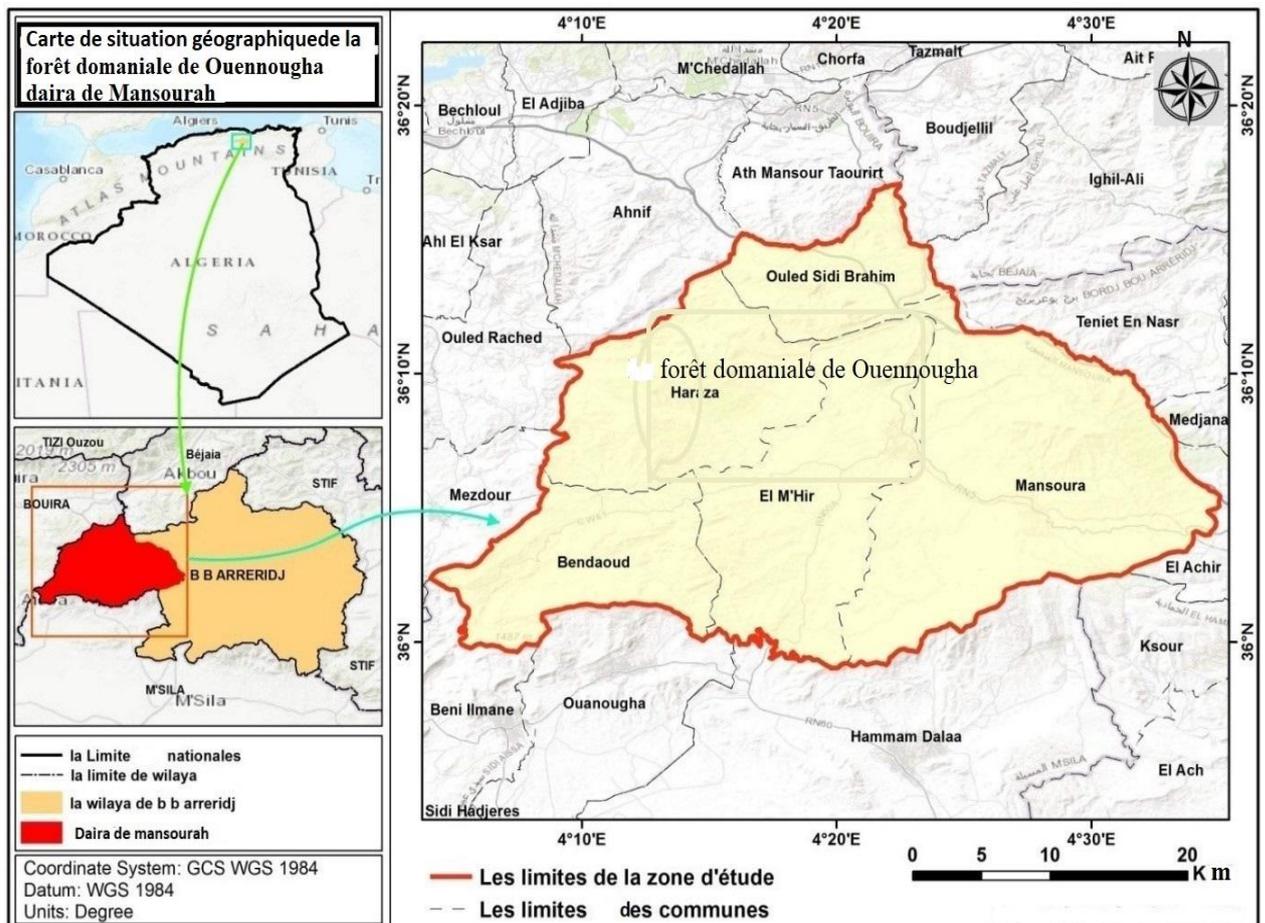


Figure n°01: Situation géographique de la région d'étude Mansourah (Belgoumri , 2021).

1.2. Caractéristiques physiques

1.2.1. Pédologie

D'après l'étude d'aménagement réalisée par le bureau national des études forestières (BNEF, 1990) du massif forestier des Bibans, on peut distinguer 04 grandes classes de sols :

1.2.1.1. Classe des sols minéraux bruts

Ces sols non évolués sont constitués essentiellement de fragments de roche mère ne présentant aucun horizon visible et sont dépourvus d'humus ce qui rend ces sols impropres pour tout type d'utilisation.

1.2.1.2. Classe des sols peu évolués d'apport colluvial

Ces sols sont généralement situés sur les piémonts dont la composition est en fonction du matériau transporté et de leur position topographique.

1.2.1.3. Classe des sols peu évolués

Ces sols présentent un profil homogène et sont caractérisés par un faible degré d'altération et d'évolution dont les raisons sont liées soit au processus de décapage qui rajeunit constamment les sols soit à un apport de matériau nouveau.

1.2.1.4. Classe des sols iso-humiques

Ces sols développés sur un faciès calcaire sont caractérisés par la présence d'un horizon calcique et une répartition de type iso-humique de la matière organique. Ces sols rouges appartiennent au sous groupe des sols marneux dont la couleur est rouge.

1.2.2. Relief

D'après l'étude d'aménagement réalisée par le bureau national des études forestières (BNEF, 1990), on distingue les classes de pente suivantes :

Tableau n° 01 : Classes de pente de la forêt domaniale de Ouennougha.

Classes de pente	Superficie des classes/ hectare	Taux par classe en %
0-3%	1.343	4,2
3-12,5 %	11.032	34,7
12,5-25 %	3.263	10,2
+25 %	16.173	50,9

D'après le tableau 01, on remarque que la classe des pentes supérieure à 25 % représente plus de 50,9 % de la superficie totale de cette forêt avec 16.173 hectares ce qui traduit le caractère accidenté et montagneux de cette forêt. Cette dernière n'est pas homogène du point de vue spatial, elle est plus vaste et unifiée au nord et disloquée en allant vers le sud. Dans la

partie nord qui est caractérisée par un relief plus homogène, nous avons une série de lignes de crêtes plus ou moins parallèles qui s'allongent d'est en ouest et dont l'exposition des versants est dans le sens nord sud. La zone sud est caractérisée par un relief compartimenté cassée par des talwegs profondément encaissés. Le relief de la forêt domaniale de Ouennougha est caractérisé par des lignes de crêtes bien marquées et des pentes accidentées par l'érosion hydrique (Figure 02).

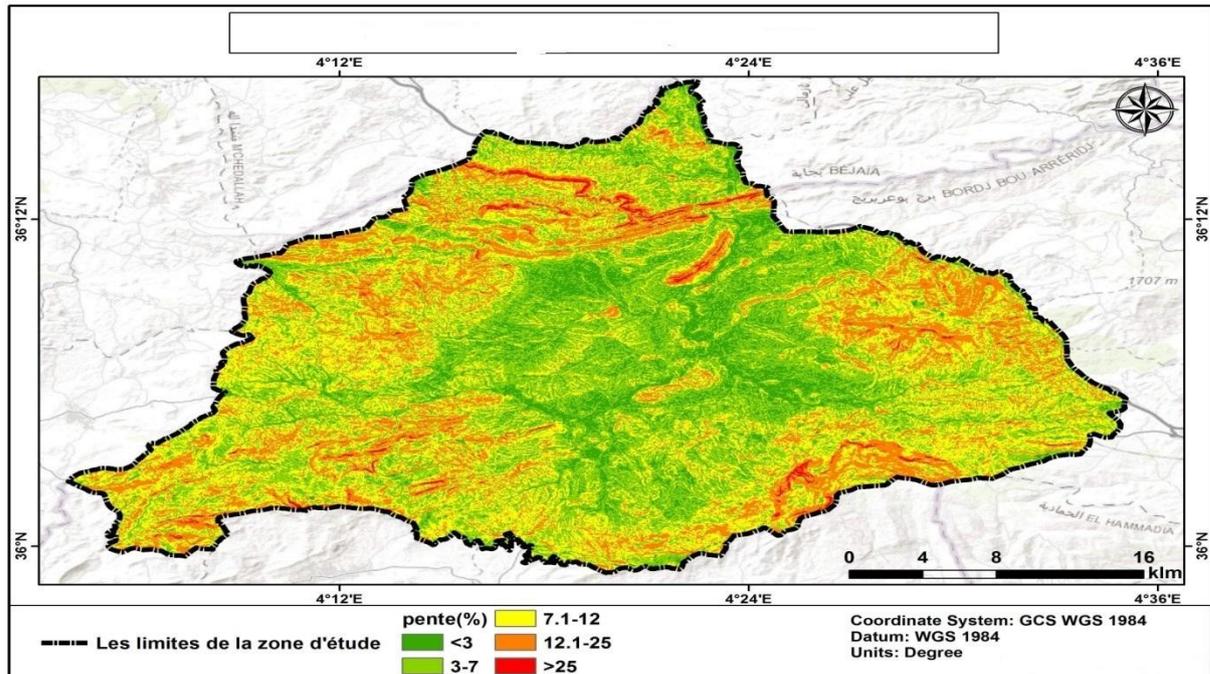


Figure n°02: Carte des pentes de Mansourah (Belgoumri , 2021).

1.2.3. Géologie

L'examen de la carte géologique établie par le **BNEF (1990)** pour la région des Bibans montre ce qui suit :

1.2.3.1. Quaternaire

Il affleure généralement au fond des vallées constituées par des alluvions récents et actuels (sables, graviers, cailloux...) et éboulis de pente recouvrant les pieds des montagnes.

1.2.3.2. Domaine des flyshs

Ces flyshs sont formés de plusieurs centaines de mètres, d'alternance de grés grossiers d'argiles de base de couleur verdâtre, dures passant à des alternances d'argiles quartzitiques, Ce sont les grés et argiles qui affleurent.

1.2.3.3. Eocène

Cette unité est caractérisée par des marnes noires à boules de lentilles jaunes à intercalation de calcaire roux, on trouve des zones de calcaires marneux passant à des calcaires massifs bitumineux blancs à cassures et silex noirs localement schisteux, l'affleurement est marneux noire, il est à prédominance marno-calcaire.

1.2.3.4. Crétacé supérieur

Ce sont des marnes écailleuses grises noires s'alternant avec des marnes, ce faciès s'alterne avec des calcaires marneux noirs, il est à prédominance marno-calcaire.

1.2.3.5. Crétacé inférieur

Ce sont des calcaires et calcaires marneux grisâtres, superficiellement l'affleurement est calcaire.

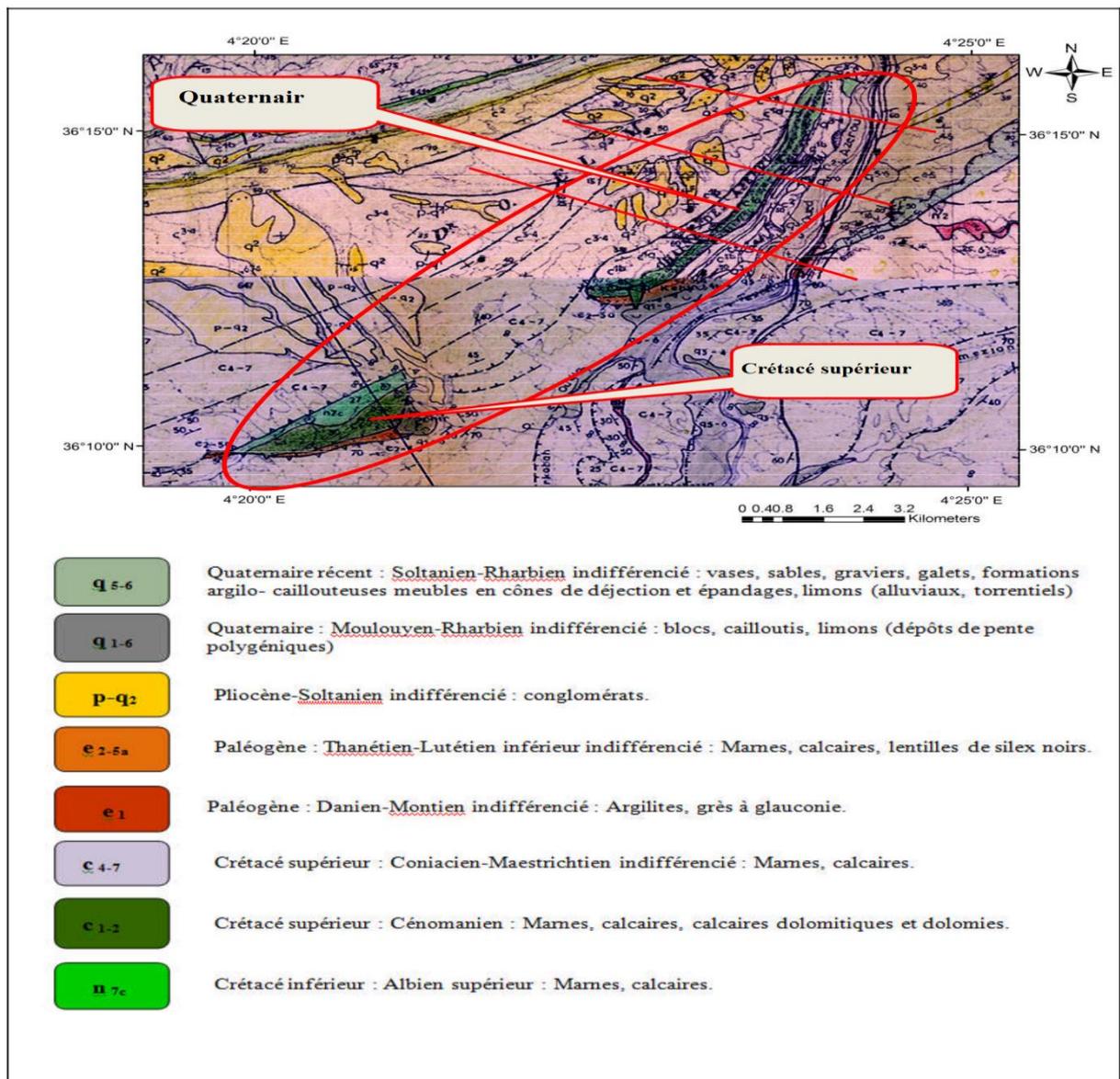


Figure n°03 : Extrait des cartes géologiques de Mansourah feuille n° 114 et Béni Mansour feuille n° 90 avec une échelle de 1/50 000 (Bouragba , 2015)..

1.2.4. Hydrologie

D'après le **BNEF (1990)** les vallées de la région sont généralement étroites et peu remplies d'alluvions. Les ravins encaissés qui s'irradient sur les talus et les glacis, dessinent un chevelu très dense. Les cours d'eau sont des torrents et ce régime hydrographique est

accentué, car le pays fait partie du point de vue météorologique de la zone de steppes. Le long de ces oueds, l'érosion est très active car ils transportent au cours des crues une charge abondante à fort calibre. La région est marquée par plusieurs oueds saisonniers dont les plus importants sont : oued Tazdart, oued Arous , oued ouadia, oued Azerou (oued Chebba) qui longe la route nationale N° 5 et Azerou El Kebir du côté Est. L'oued Azerou (oued Chebba) constitue avec les autres grands oueds de la région ainsi que le barrage du K'sob les principales sources d'eau potable. Les terrains du Quaternaire (les alluvions) ne renferment que des nappes aquifères peu importantes. Dans les terrains tertiaires, les grès du Miocène renferment les plus riches réserves hydrographiques, mises en évidence par de nombreuses sources tant au djebel Mansourah qu'au djebel Choukchout. Les autres terrains sont pauvres en eau en raison de leur constitution lithologique et ne fournissent que des eaux fortement chargées de sels magnésiens ou calciques, A l'extrême Nord du chaînon d'Azerou El Kebir, à l'aval immerge une importante source thermale, légèrement sulfureuse, qui sort du contact anormal du Sénonien et du Miocène. Il s'agit de la source thermale de Hammam El Biban (Figure 04).

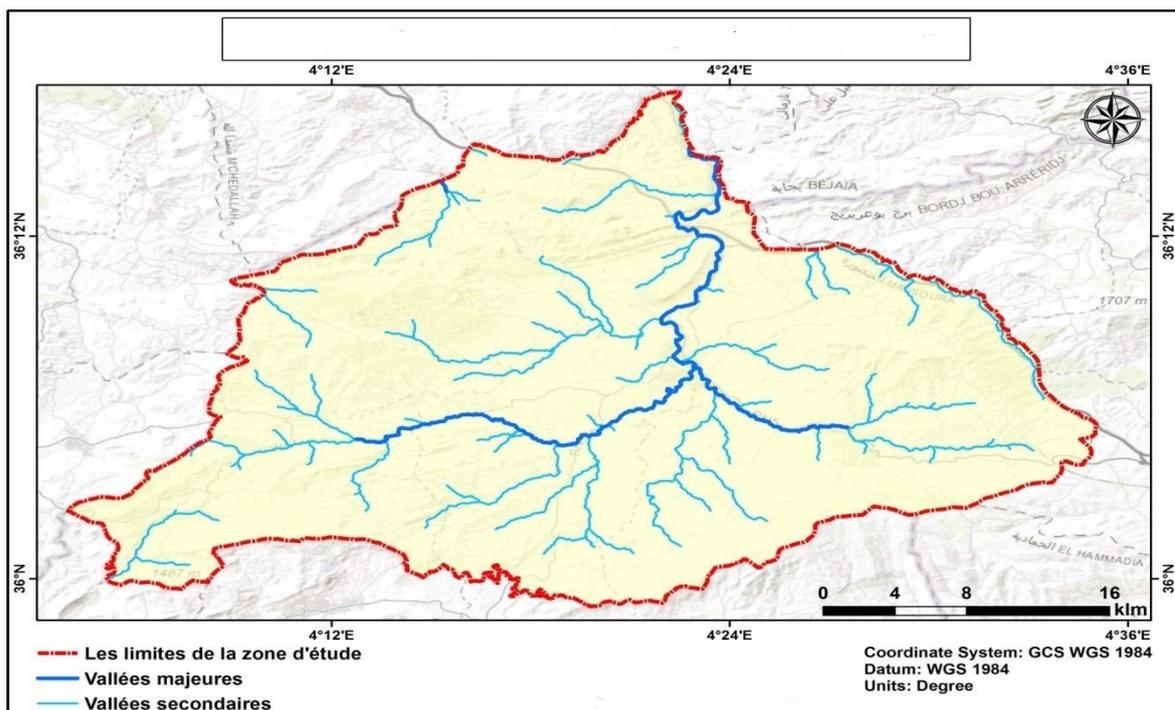


Figure n°04 : Carte hydrologique de Mansourah (Belgoumri , 2021).

1.3. Caractéristiques physiques

1.3. 1.Climatologie

D'une manière générale, le climat d'Algérie est un climat de type méditerranéen caractérisé par la concentration des pluies durant la période froide de l'année, et la coïncidence de la saison sèche avec la saison chaude (Kadik,1987).

Le climat est un élément important dans l'étude du milieu par son apport à la revalorisation des potentialités d'un site et son effet négatif d'un autre côté, ce qui rend nécessaire l'analyse des composantes du climat (températures, précipitations, vent et gelée). Les données climatiques de la zone d'étude proviennent de la station météorologique de Bordj Bou Arréridj de Boumergned.

Pour mieux valoriser les variations des composantes climatiques, nous avons pris en considération les données moyennes des températures et des précipitations pendant une période de 30 ans allant de 1991 à 2020.

1.3.1.1. Température

La température est également un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétaux et des animaux. Elle conditionne en effet la durée de la période de végétation.

La température présente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2003**).

Nous avons porté les températures mensuelles sur le Tableau (02) .

Tableau n°02 : Variation des températures moyennes mensuelles (1991-2020).

	Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
BBA 1991- 2020	T max (°c)	11,2	12,4	16,0	19,6	25,1	31,3	35,5	34,6	28,4	22,1	15,0	11,8
	T min (°c)	2,4	2,7	5,3	7,7	11,9	16,5	20,1	19,7	15,8	12,0	6,4	3,5
	T moy (°c)	6,8	7,6	10,6	13,6	18,5	23,9	27,8	27,2	22,1	17,5	11,1	7,6

(Station météorologique de BBA ,2020)

T max : température maximale, **T min** : température minimale

T moy : température moyen , °c :degrés celsius .

En examinant ce tableau, on remarque que la température minimale la plus basse est enregistrée au mois de janvier avec 2,4°C tandis que la température moyenne maximale est celle du mois de juillet avec 35,5°C, alors que le température moyenne annuelle est de 16,2°C à la station météorologique de Bordj Bou Arréridj .

1.3.1.2. Précipitations

Par définition, elles désignent tous corps liquides ou solides qui tombent du ciel, (neige, pluie, grêle, etc.) (Peguy,1961). Sous cette rubrique, nous nous intéresserons principalement à l'évolution intermensuelle des quantités de pluie tombées au cours de la période (1991-2020),

Tableau n°03 : Répartition mensuelle des précipitations (1991-2020).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
P(mm)	34,1	26,3	35,7	41,6	40,9	33,2	11,4	16,0	50,2	36,4	32,4	34,4	392,6

Station météorologique de BBA

La pluviométrie moyenne annuelle tombée pendant la période de 1991-2020 est de 392,6 mm. Nous avons porté les données pluviométriques sous forme d'histogrammes (Figure 05).

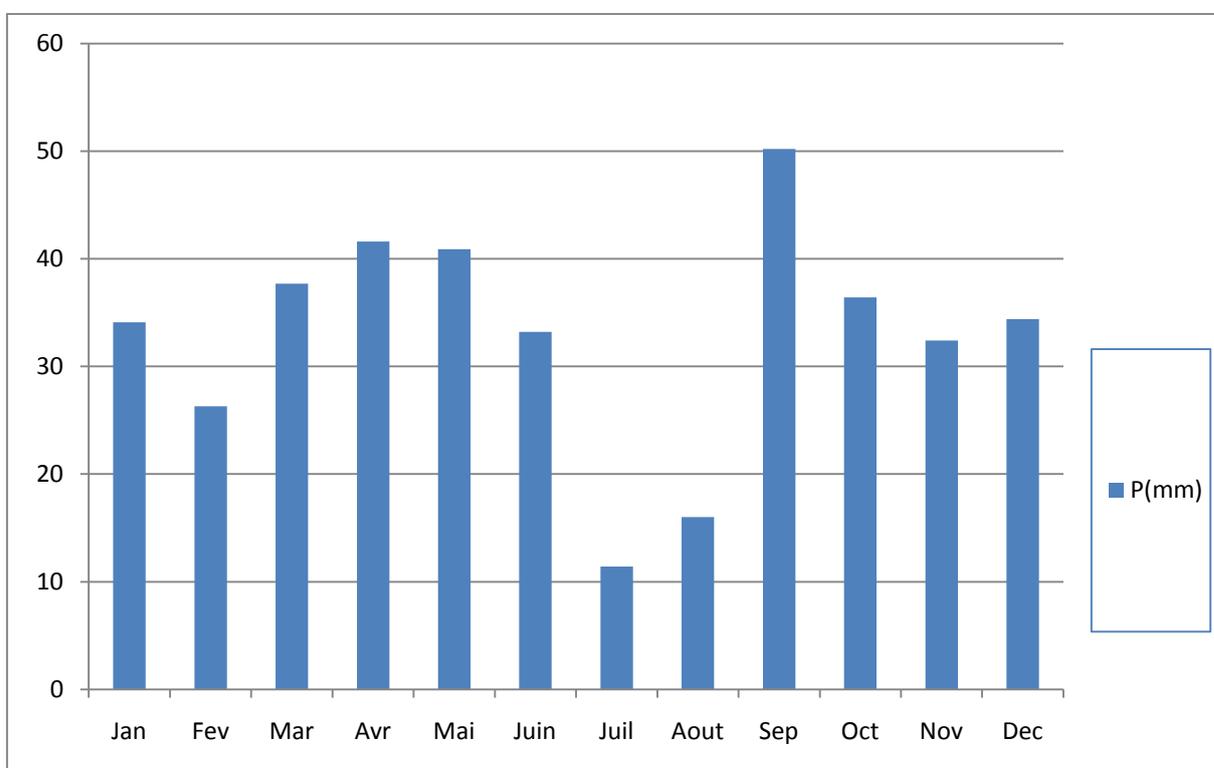


Figure n°05 : Variation mensuelle de la pluviométrie de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).

Nous constatons que la quantité pluviométrique mensuelle au cours des 30 ans (1991-2020) est plus ou moins homogène. Les mois les moins arrosés qui sont Juillet et Aout correspondent à la saison estivale.

1.3.1.3. Régime saisonnier

Le régime saisonnier des pluies est une indication importante pour la végétation, car c'est lui qui détermine les besoins en eau. Le tableau 04 suivant représente le régime saisonnier de la station de Bordj Bou Arréridj.

Tableau n°04 : Régime saisonnier de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Moy(mm)	Type de régime saisonnier
P(mm)	119	94,8	118,2	60,6	392,6	APHE
%	30,31%	24,14%	30,10%	15,43%		

Station météorologique de Bordj Bou Arréridj

D'après les données de ce tableau Bordj Bou Arréridj est caractérisée par un régime saisonnier de type APHE, l'automne étant la saison la plus pluvieuse de l'année, suivi du printemps et l'hiver, l'été étant le plus sec.

1.3.2. Synthèse bioclimatique

1.3.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson .

Bagnouls et Gausson (1953) considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température exprimée en degré Celsius ($P \leq 2T$).

Ces auteurs déterminent la saison sèche par une représentation graphique portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnée, à gauche, les précipitations (P) du mois exprimé en millimètres et à droite les températures du mois exprimé en degrés Celsius. Ils adoptent l'échelle $P=2T$ et considèrent un mois sec lorsque $P < 2T$. Ce diagramme nous permet de définir la période sèche et la période humide.

Le diagramme ombrothermique de Bordj Bou Arréridj montre deux périodes, l'une humide et l'autre sèche. les températures les plus élevées, et les précipitations les plus faibles qui s'étalent du mois de Juin au mois de Septembre (Figure 06) durant cette période l'arbre souffre d'un manque d'eau, pouvant agir défavorablement sur sa croissance.

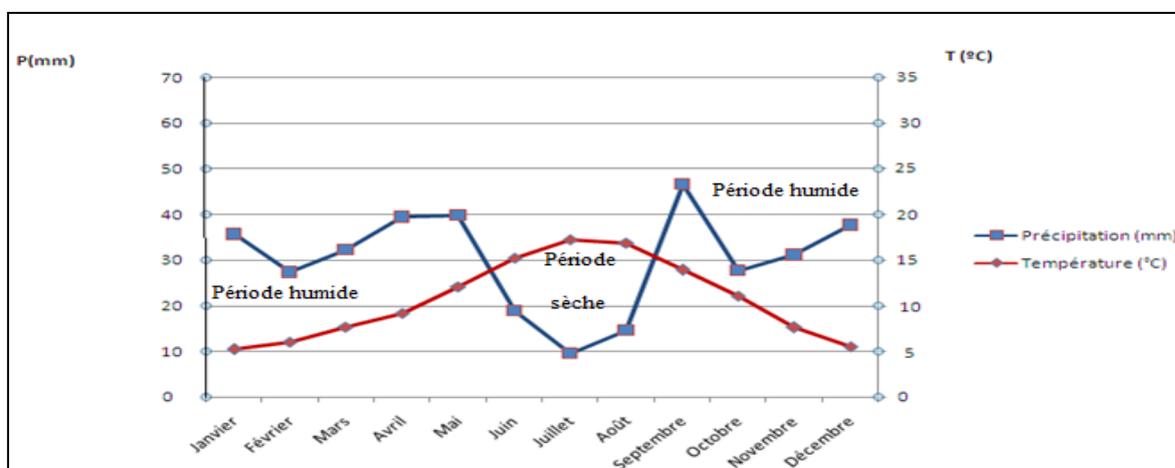


Figure n°06: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).

1.3.2.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.

Pour déterminer le bioclimat d'une région, **Emberger (1955)** a institué un quotient pluviothermique Q_2 valable pour les climats de type méditerranéen.

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{M+m}{2} (M-m)} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

P : Précipitations moyennes annuelles de la station de Bordj Bou Arréridj (en mm).

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (en kelvin).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (en kelvin).

NB: 1K = 1°C + 273

Pour définir l'étage bioclimatique de notre région d'étude, nous avons utilisé le climagramme pluviothermique qui combine deux paramètres climatiques. L'axe des ordonnées représente les valeurs du quotient (Q_2) et sur l'axe des abscisses figurent les valeurs des températures minimales (m) du mois le plus froid. Sur ce climagramme nous avons cinq étages bioclimatiques : saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide. Ces derniers sont divisés en sous étages (inférieur, moyen et supérieur) puis en variantes thermiques en fonction de la valeur de (m) : $0^\circ < m < -3^\circ =$ froid , $+3^\circ < m < +7^\circ =$ tempéré $0^\circ < m < +3^\circ =$ frais , $m > +7^\circ =$ chaud .

Nous avons porté la situation bioclimatique sur le tableau (05) et localisé Bordj Bou Arréridj dans le climagramme d'Emberger (Figure 07).

Tableau n°05 : Situation bioclimatique de Bordj Bou Arréridj (1991-2020).

Région d'étude	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q_2	Etage bioclimatique
Bordj Bou Arréridj	392,6	35,5	2,4	40,62	Semi-aride Inférieur à hiver Frais

Le climat est d'autant plus humide que le quotient Q_2 est élevé. Le tableau ci-dessus montre que Bordj Bou Arréridj se trouve dans une ambiance bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais (Figure 07).

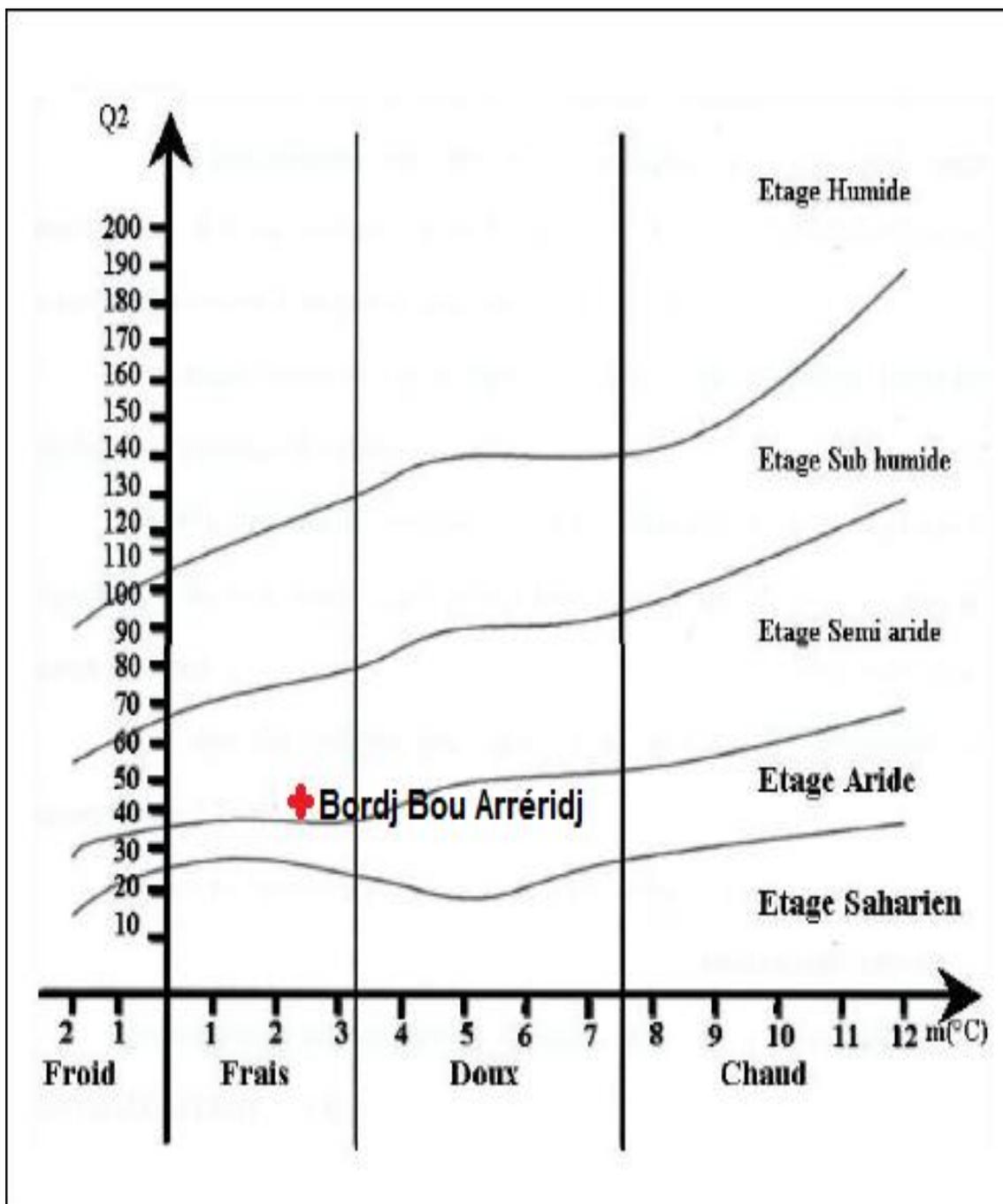


Figure n°07: Localisation de Bordj Bou Arréridj dans le climagramme d'Emberger pour la période (1991-2020).

1.4. Végétation

Le patrimoine forestier d'une superficie de 325,10 km² représente près de 39 % de la superficie totale de la circonscription des forêts de Mansourah. Il existe trois principales forêts domaniales dont les essences principales sont le Pin d'Alep, le Chêne vert, le Genévrier et l'Eucalyptus.

Selon le **BNEF (1990)**, la liste des espèces végétales de la forêt domaniale de Ouennougha qui a fait l'objet de notre étude est la suivante :

- **Strate arborescente** : Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) c'est l'espèce dominante. -Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) se trouve sous forme de bouquets, associé au chêne vert (*Quercus ilex*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) et le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*).
- **Strate arbustive** : Le chêne vert (*Quercus ilex*) est accompagné par le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) dans les zones les plus humides et les plus hautes, alors que le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) et le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) sont présents sous forme d'arbustes en matorral élevé.
- **Strate herbacée** : Le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), la Globulaire (*Globularia alypum*), les Cistes (*Cistus salvifolius*), l'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) et le Diss (*Imperata cylindrica*) sont des espèces qui se répètent dans tout le territoire d'étude (**Anonyme, 2008**)

CHAPITRE II

Méthodologie de travail

2.1. Choix des placettes d'étude

L'échantillonnage a été effectué suite à des inspections du terrain des zones touchées par le dépérissement . Les placettes d'étude ont été implantées dans la forêt domaniale de Ouennougha dans le but de caractériser son état sanitaire. Les sorties ont été effectuées durant les mois d'avril et mai 2021, les placettes sont en nombre de 10 (Figure 08).

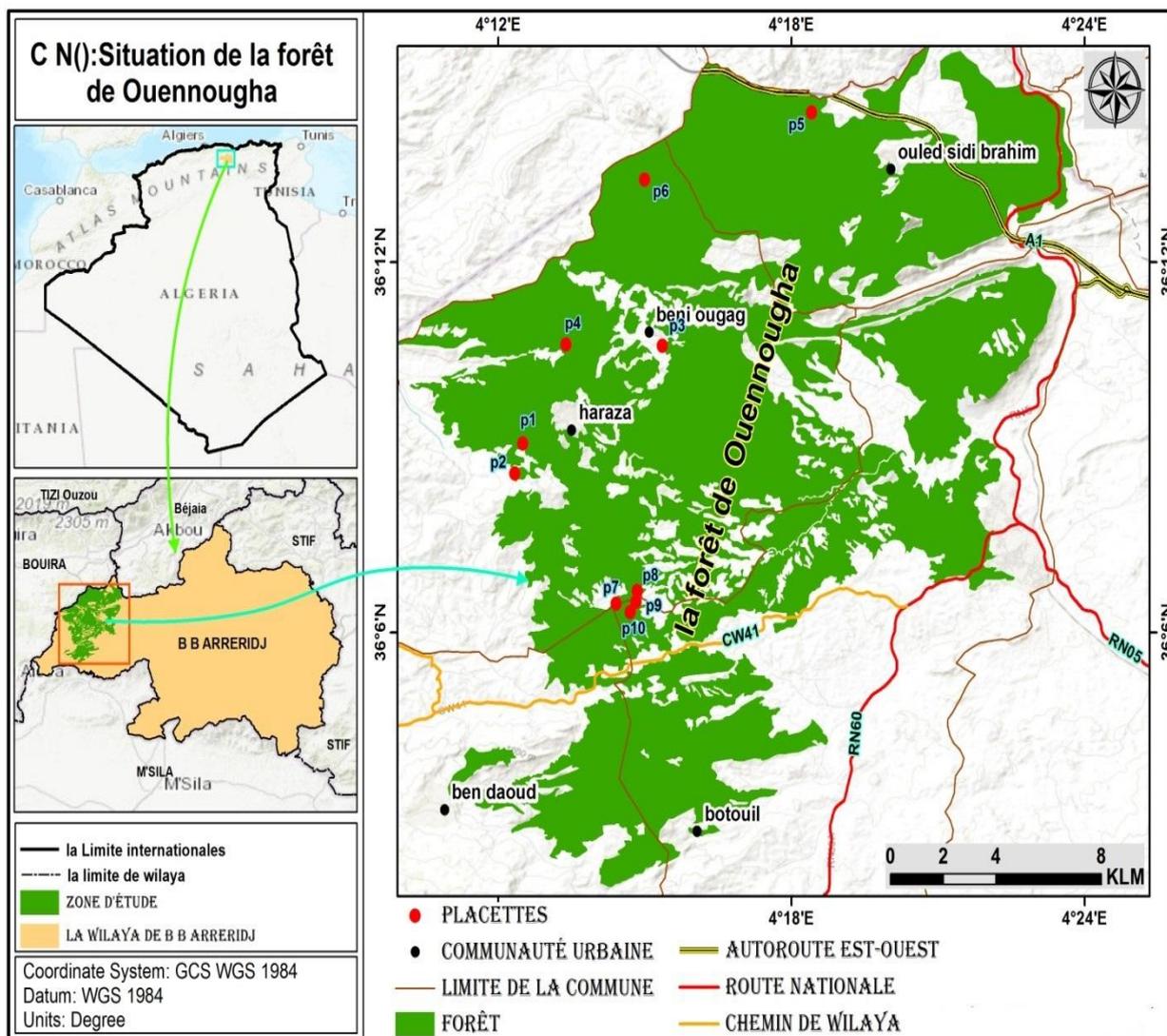


Figure n°08: Localisation géographique des 10 placettes d'étude (Belgoumri , 2021).

La forme de placette la plus recommandée dans la littérature ,est la forme circulaire à surface définie. Elle facilite la délimitation de la placette, règle le problème des arbres limites et ne présente pas de direction privilégiée (Rondeux, 2002).

Nous avons retenu des placettes circulaires d'une superficie de 500 m² nécessaire et suffisante pour englober un certain nombre d'arbres afin de pouvoir cerner l'état sanitaire de la pinède de cette forêt, des relevés dendrométriques ont été réalisés (Circonférence, Hauteur totale). Ainsi qu'une évaluation de l'état de la cime (décoloration et défoliation) et la présence des signes d'attaques sur l'arbre.

2.2. Caractérisation des placettes d'étude

2.2.1. Relevés géographique et topographique

Les données géographiques et topographiques récoltées au niveau de chacune des placettes sont :

Le nom du canton.

L'exposition et l'altitude : déterminées à l'aide d'un GPS

La pente du terrain, en degré : elle est mesurée à l'aide du dendromètre Blum-Leiss.

Le microrelief ou bien le topo. Le microrelief ou bien l'indice topographique, est un critère qualitatif. Il est classé parmi les facteurs les plus complexes (Masson, 2005). Il est évalué sur la base d'apport et de perte d'eau (Figure 09).

On a aussi utilisé un détecteur d'humidité qui donne :

- L'humidité sur une échelle de :1 jusqu'à 10.
- La lumière : de 0 absence de lumière jusqu'à 2000 très exposé à la lumière.
- Le Ph du plus acide 3,5 au plus basique 8.

Un autre appareil capteur d'humidité du sol qui donne un résultat qualitatif , du sec , moins sec humide et plus humide ,la température au sol et la température de l'air.

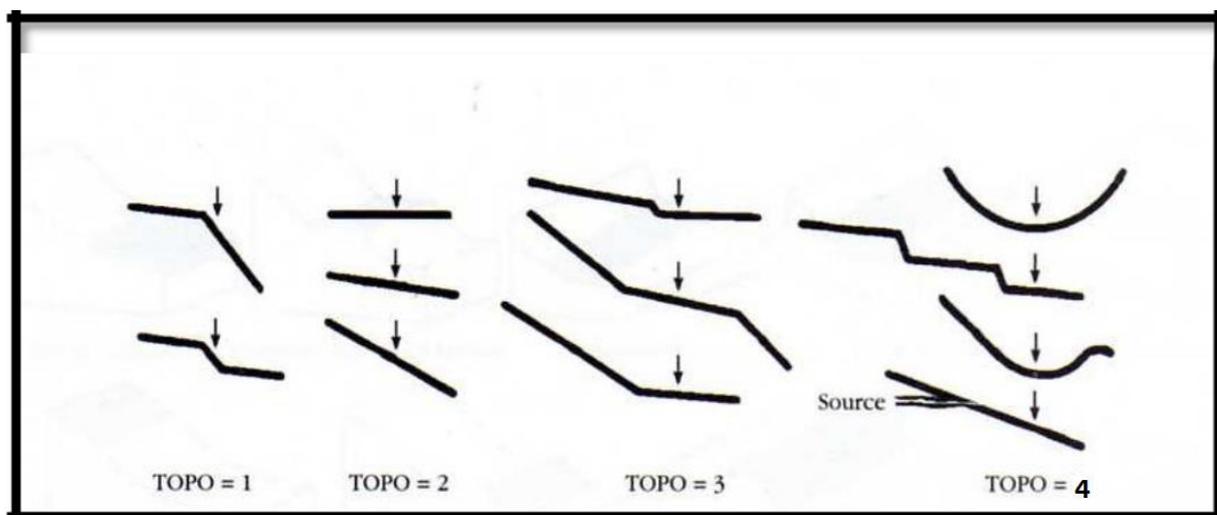


Figure n° 09: Situation topographique décrite selon un indice topographique (Masson, 2005).

nous distinguons 4 catégories de microrelief qui sont comme suit ;

TOPO 1 : Pertes latérales supérieures aux apports.

TOPO 2 : Apports latéraux nuls ou égaux aux pertes par drainage latéral.

TOPO 3 : Ralentissement de la circulation latérale de l'eau : bilan positif des apports et pertes d'eau.

TOPO 4 : Alimentation en eau exceptionnelle (nappe permanente, source, cuvette, bas fond, vallon, etc).

2.3. Caractérisation sylvicole

Permettent de décrire et d'analyser le peuplement du point de vue de son histoire sylvicole. De nombreux descripteurs sont alors utilisés dont certains sont des mesures, d'autres des estimations relevées sous forme de notes, et d'autres de simples observations (Tableau 06) (Adjami, 2016).

Tableau n° 06: Principaux descripteurs des relevés sylvicoles (Adjami, 2016).

Descripteurs	Notes
Age	1 (jeune : < 40 ans, C _{1.30} = < 70 cm), 2 (adulte : 40 à 70 ans, C _{1.30} = 70-109cm) et 3 (vieux : > 80 ans, C _{1.30} = >110cm)
Sous-bois	1 (nul), 2 (réduit), 3 (moyen), 4 (dense mais pénétrable), 5 (dense et impénétrable)
Régénération par semis	1 (aucune), 2 (rare), 3 (moyenne), 4 (forte)
Fréquentation humaine	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Pâturage	1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (abondant).
Concurrence	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte).
Statut social	1 (dominé), 2 (co-dominant), 3 (dominant)

Autres descripteurs des peuplements

Origine : Naturel (semis ou rejet de souche) – Artificiel (reboisement).

Régime et traitement : Futaie (dominance des pieds issus de semis naturel au tronc unique (>65%), taillis (dominance de rejets >65% : cépée à plus de 2 troncs) .

Densité : Claire (<100 tiges/ha), Moyen (100-200 tiges/ha), Dense (>250 tiges/ha).

Composition : Pur (>80% du chêne liège), Mélangé (<80% du chêne liège) .

Structure : Régulière (dominance de 1 à 2 classes de diamètre), Irrégulière (répartition harmonieuse des différentes classes de diamètre) .

Typologie : Perche (\emptyset <17,5 cm), petit bois (\emptyset : 17,5-22,5 cm), bois moyens (\emptyset : 22,5-42,5 cm), Gros bois (\emptyset : 42,5-62,5 cm), Très gros bois (Adjami, 2016).

2.4. Caractérisations dendrométriques des arbres

2.4.1. La Circonférence à 1,30 m

Les arbres de pin d'Alep échantillonnés ont fait l'objet de mesure de la circonférence à 1,30m du sol à l'aide d'un ruban mètre. Puisque on enregistre diverses irrégularités au niveau des troncs des arbres à mesurer, (**Rondeux ,1999**) propose la procédure de mesure comme elle est représentée au niveau de la figure (10).

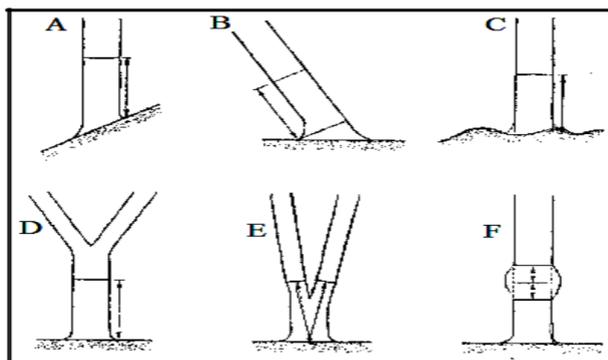


Figure n° 10: Niveaux de mesures de la Circonférence des arbres en situations particulières .

A : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre sur un terrain incliné.

B : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre penché.

C : position pour la mesure de la circonférence sur terrain plat.

D : arbre fourchu à plus de 1,30m.

E : arbre fourchu à moins de 1,30m donc considéré comme deux arbres.

F : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre avec des branches ou un renflement à 1,30 m (**Rondeux, 1999**).

2.4.2. Hauteur totale

La hauteur est la caractéristique la plus importante à mesurer ou à estimer en vue de déterminer le volume et la structure verticale d'un peuplement forestier . A titre propre et sous certaines conditions, elle joue un rôle essentiel dans la caractérisation de la productivité des milieux forestiers (**Rondeux, 1999**). La mesure de la hauteur totale d'un arbre consiste à mesurer la longueur du segment de droite qui joint le pied de l'arbre et son bourgeon terminal.

Ces mesures sont réalisées à l'aide du dendromètre Blum-Leiss qui est composé d'un clysimètre à pendule fixé au moment de la visée, devant quatre échelles graduées en hauteur.

Les échelles des hauteurs correspondent à un éloignement de l'arbre à mesurer de 15 , 20 , 30 et 40 m. (**Rondeux, 1999**).

2.4.3. Distance entre les arbres voisins

Nous avons aussi mesuré la distance entre les arbres voisins à l'aide d'un ruban mètre.

2.5. Diagnostic de l'état de santé

2.5.1. Examen de la cime

2.5.1.1. Défoliation

C'est le phénomène de perte éventuelle de feuillage dans la partie fonctionnelle du houppier. L'effet de la défoliation a été étudié sur les arbres mesurés. Le degré de défoliation a été évalué visuellement en s'appuyant sur le volume des aiguilles perdues par rapport aux aiguilles attachées sur les rameaux (Arnaldo et al., 2010). Les différentes notes ainsi obtenues sont regroupées en 4 grandes classes (Tableau 07).

Tableau n° 07: Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres selon (Arnaldo et al.,2010).

Classes	Taux du feuillage affecté	Signification des classes
1	0-30%	Arbre non défolié
2	30-60 %	Arbre faiblement défolié
3	>60 %	Arbre fortement défolié ou dépérissant
4	100 %	Arbre mort ou sec

2.5.1.2. Décoloration

Elle se traduit par un jaunissement d'une partie ou de toute la cime par rapport à la coloration habituellement observée sur le feuillage du pin d'Alep (Landmann et al., 1987).

Elle est notée par rapport au feuillage présent. Afin d'évaluer la décoloration, on procède comme suit: on découpe le houppier en 4 zones égales, on estime quelle proportion du feuillage de chaque zone présente une coloration anormale et on extrapole sur les 4 zones pour définir la note (Tableau 08).

Tableau n° 08: Classes de décoloration des feuilles (Bouhraoua et al., 2002).

Classes	Proportion de feuillage Décoloré	Signification des classes	Catégorie de coloration
1	1-10%	Pas de décoloration	Coloration normale
2	15-25%	Faiblement décoloré	Coloration anormale
3	26-60%	Modérément décoloré	
4	>65%	Gravement décoloré	
5	100%	Très gravement décoloré	

2.5.1.3. Indice de dépérissement (ID)

A partir de la défoliation, nous avons calculé l'indice de dépérissement de Pin d'Alep en s'inspirant de la méthode appliquée au chêne-liège (**Bouhraoua,2003**) et au cyprès vert (**Nichane, 2015**). Il permet d'exprimer d'une façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement (Tableau 09).

$$ID = \frac{(n_1.P_1) + (n_2.P_2) + (n_3.P_3) + (n_4.P_4)}{N}$$

n_i : Nombre d'arbres de la classe i

P_i : Poids de la classe i (1 si $i = 1$, 2 si $i = 2$).

N : Effectif total d'arbres échantillonnés .

Tableau n° 09: Principales catégories de dépérissement du peuplement de pin d'Alep prises en compte en fonction de l'indice de dépérissement « ID».

Indice de dépérissement (ID)	Statut sanitaire
ID<1,5	Non dépérissant ou sain
1,6<ID<2,0	En début de dépérissement
2,1<ID<2.5	En dépérissement assez grave
ID>2,6	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

(**Bouhraoua,2003**)

2.5.2. Examen du tronc

L'étude du tronc consiste à évaluer la présence ou l'absence des trous d'insectes xylophages, les crevasses, la flore lichénologique et les blessures (**Daas, 2015**).

2.6. Relevés floristiques

Ils consistent en un inventaire floristique des espèces végétales qui accompagnent le Pin d'Alep dans les placettes étudiées.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Caractérisation géographique et topographique

Les résultats des relevés géographiques et topographiques sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau n°10 : Relevés géographiques et topographiques des 10 placettes d'étude.

Placette	Canton	Exposition	Altitude (m)	Pente (%)	Topo
01	Amalou Mahroune	Sud	1174	35	03
02	Bouchham	Nord	1165	07	03
03	Tafraout	Nord -Ouest	1022	23	02
04	Beni Ouagag	Sud	1077	60	03
05	Bou hamou	Sud - Est	639	11	03
06	Bab eddar	Sud	546	15	02
07	Tizordja	Nord	856	26	03
08	Aarous	Sud -Est	802	05	03
09	Aarous	Sud -Est	803	16	03
10	Tizordja	Sud	805	03	02

Ce tableau montre l'emplacement des placettes dans les 08 cantons . Il s'agit des cantons Amalou mahroune , Bouchham , Tafraout , Beni ouagag , Bou hamou , Bab eddar , Tizordja et Aarous. Les expositions présentes sont Sud , Sud-Est ,Nord et Nord-Ouest. Les placettes se trouvent sur une altitude variant de 1174 m pour la placette 1 et 546 m pour la placette 6 .

Pour la pente , elle varie de 3 à 60 % . La majorité des placettes ont un microrelief appartenant à la classe 3. Cette situation ralentit la circulation latérale de l'eau ce qui offre un bilan positif des apports et pertes d'eau , donc un meilleur stockage d'eau.

3.1.2. Caractérisation sylvicole

L'ensemble des relevés sylvicoles des 10 placettes est récapitulé dans le tableau 11 suivant :

Tableau n°11 : Principales caractéristiques sylvicoles des placettes d'observation.

Descripteurs	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10
Age	Adulte				Jeune		Adulte	Jeune	Adulte	
Sous-bois	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3
Régénération	3	3	3	3	4	4	3	4	4	2
Fréquentation humaine	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
Pâturage	2	3	3	2	1	1	3	3	2	3
Statut social	1	3	1	1	1	1	1			
Origine	Naturelle									
Essences secondaires	Néant									
Structure	Irrégulière									
Régime et traitement	Futaie				régénération		Futaie	régénération	Futaie	
Densité (tiges/ha)	300	220	230	360	880	1100	1000	2080	860	380
Nature du peuplement	Pur									
Typologie	Perchis				/		Perchis	/	Perchis	
Aménagement	Repeuplement	Néant								
Travaux sylvicoles	Néant							Elagage	Néant	

D'après ce tableau, nous remarquons que les 10 placettes constituent un peuplement, issu de semis naturels. Sur le plan composition des peuplements en essences, nous constatons que le peuplement de pin d'Alep est globalement sans essences secondaires.

Dans les zones étudiées qui correspondent aux placettes 5,6 et 8 le pâturage est nul à moyen, ce qui a permis une réussite de ces peuplements jeunes.

La densité des arbres est très élevée dans la majorité des placettes d'étude. Elle varie de 300 à 2080 sujets à l'hectare. En revanche, elle est faible est de 220 sujets à l'hectare pour la placette 2.

Aucune action n'a été entreprise par les forestiers dans cette forêt sauf dans la placette 1 où une action de repeuplement a été entamée en 2019 et pour la placette 9 des travaux d'élagage des arbres ont été effectués il ya 5 ans.

3.1.3. Caractérisations stationnelles

Les 10 placettes étudiées sont localisées sur différentes altitudes (Tableau 12), la distance entre deux arbres voisins est variable d'une placette à l'autre, les arbres sont plus espacés dans la placette 2, l'espacement est de 01,60 à 12,80 m et dans la placette 1, il varie de 01,60 à 09,60 m, cependant les arbres les plus serrés sont enregistrés dans la placette 8

avec une moyenne de distance qui va de 10 cm à 4,35 m. De ce fait, la placette 8 a été plus dense que les autres placettes avec une densité de 2080 arbres/ha et de distance entre les arbres allant de 10 cm à 4,35 m.

Le PH du sol dans les placettes est situé entre 7,53 et 7,80 qui est un Ph basique, alors que l'humidité du sol dans nos placettes étudiées varie entre 1 et 1,33, ce qui marque un sol sec. la luminosité quant à elle est de 1056 jusqu'à +2000. En ce qui est de la température de l'air, elle change de 24,6 °C à 43,46 °C, tandis que la température du sol varie de 21,5 °C à 34,4 °C (Tableau 12).

Tableau n°12 : Principales caractérisations stationnelles des 10 placettes.

Placette	Altitude (m)	Distance (m)	Densité (arbres/ha)	PH	H	L	T au Sol en °C	T de Air en °C
01	1174	De 01,00 à 09,60	300	7,53	1,1	2000	35	27,3
02	1165	De 01,60 à 12,80	220	7,7	1,16	1000	33,13	24,6
03	1022	De 00,10 à 08,20	320	7,6	1,1	1056	22,03	30
04	1077	De 00,60 à 06,67	360	7,66	1,33	1333,3	21,5	33,2
05	639	De 00,37 à 07,20	880	7,56	1	2000	25,6	30,3
06	546	De 00,10 à 04,70	1100	7,7	1	2000	34,4	42,63
07	856	De 00,50 à 06,70	500	7,66	1	1300	24,03	33
08	802	De 00,10 à 04,35	2080	7,63	1	2000	29,96	43,46
09	803	De 00,10 à 04,40	860	7,56	1	1833,3	27,73	34,13
10	805	De 00,60 à 07,21	380	7,8	1	433,3	27,26	28,83

PH : Potentiel d'hydrogène, **H** : humidité, **L** : luminosité, **T** : température

3.1.4. Caractérisation dendrométrique

Sur les 10 placettes 352 sujets ont fait l'objet de mesure de circonférence et de hauteur :

3.1.4.1. Circonférence des arbres

Les résultats des mesures de la circonférence à 1,30 m du sol des arbre-échantillons des 7 placettes sont représentés dans le tableau 13 et illustrés dans la figure 11, selon **Bouhraoua et al., (2002)** on a pris les classes de circonférence suivantes.

Tableau n°13 : Classes de circonférence des arbres des 7 placettes adultes .

Classes de circonférence	< 20 cm	21-60 cm	61-100 cm	> 100 cm
Effectif d'arbres	49	63	26	7
% d'effectif	38,06 %	40,64 %	16,77 %	4,51 %
Moyenne (cm)	48,28			
Ecart type	18,68			
Coefficient de variation %	38,69			

Pour l'ensemble du peuplement des 7 placettes 1, 2, 3, 4, 7, 9 et 10 la circonférence moyenne est estimée à 48,28 cm, ce qui caractérise un peuplement adulte. La minimale de cette circonférence est de l'ordre de 03 cm et la maximale est de 172 cm.

Une grande variabilité existe entre les sujets mesurés au niveau du peuplement avec un coefficient de variation de 38,69 %.

A travers la figure 13, nous remarquons que la grande partie des arbres appartient à la classe 2 (21 - 60 cm) avec un taux de 40,64 % ce qui représente la moitié du peuplement forestier étudié. En second rang, vient les classes 1 (< 20 cm) qui présente les arbres jeunes avec un pourcentage de 38,06 % et la classe 3 (61-100 cm) avec un pourcentage de 16,77 % représente les arbres adultes ..

Enfin, les arbres très vieux de la classe 4 (> 100 cm) composent le peuplement avec un pourcentage assez faible de 4,51 %.

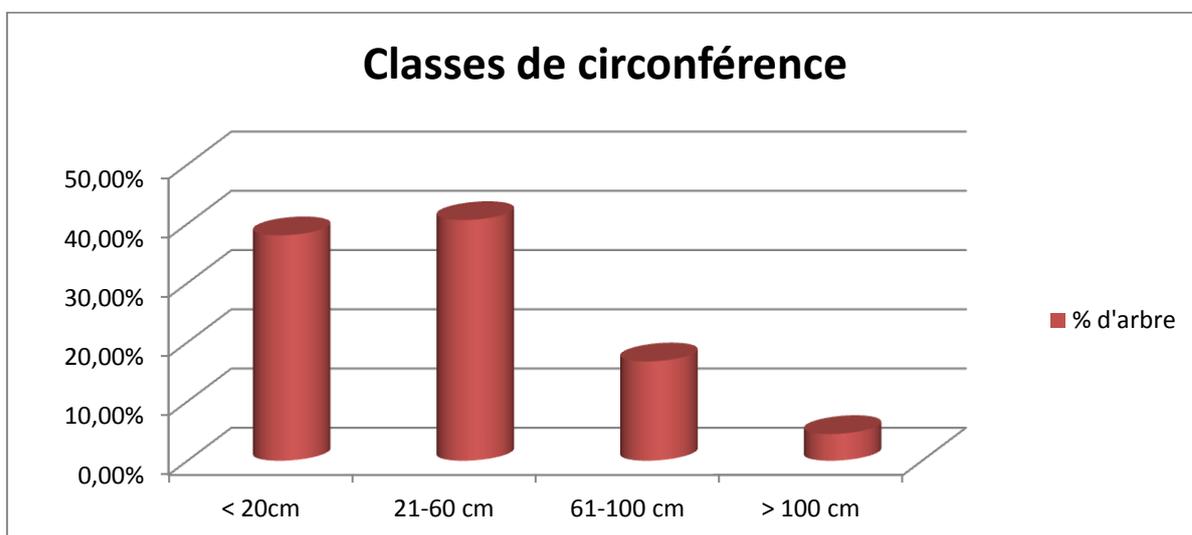


Figure n°11 : Distribution des arbres par classe de circonférence des 07 placettes adultes .

Nous avons classé les placettes de peuplements jeunes en 3 sous classes de circonférence de la classe 1 (< 20 cm). Les résultats sont consignés dans le tableau 14.

Tableau n°14 : Classes de circonférence des arbres des 3 placettes des peuplements jeunes.

Classes de circonférence	< 20 cm			21-60 cm	61-100 cm	> 100 cm
	< 5 cm	5-10 cm	10-20 cm			
Effectif d'arbres	108	74	15	00	00	00
% d'effectif	54,82 %	37,56 %	7,61 %	00%	00%	00%
Moyenne (cm)	6 cm					
Ecart type	0,35					
Coefficient de variation %	5,84					

Pour l'ensemble du peuplement des 3 placettes 5, 6 et 8, la circonférence moyenne est estimée à 6 cm ce qui caractérise un peuplement très jeune. La circonférence minimale est de l'ordre de 01 cm et la maximale est de 20 cm. Une très faible variabilité existe entre les

sujets mesurés au niveau du peuplement avec un coefficient de variation de 5,84 %. La sous classe 1 (< 5 cm) représente la grande partie avec un taux de 54,82 %, la sous classe 3 (10-20 cm) présente la partie la plus faible avec un taux de 7,61 %.

3.1.4.2. Hauteur totale des arbres

les résultats obtenus sur les mesures de la hauteur moyenne totale des arbres dans les 7 placettes d'étude sont consignés dans le tableau 15 et représentés par la figure 12 :

Tableau n°15 : Classes de la hauteur totale des arbres des 7 placettes adultes .

Classes de la hauteur	< 5 m	5 -7 m	7 -10 m	>10 m
Effectif d'arbres	87	32	28	08
% d'effectif	56,12 %	20,64 %	18,06 %	5,16 %
Moyenne (m)	5,37			
Ecart type	1,64			
Coefficient de variation %	30,54			

En ce qui concerne la hauteur des arbres, ce tableau montre pour l'ensemble des 7 placettes adultes 1,2,3,4,7,9 et 10, la moyenne de la hauteur des arbres est de 5,37 m. La valeur minimale est de 0,25 m par contre la valeur maximale est de 12,7 m. Une forte variabilité des mesures est obtenue entre les arbres des 7 placettes. Ceci est expliqué par un coefficient de variation égale à 30,54 %. La classe dominante des hauteurs est celle qui présente une hauteur inférieure ou égale à 5 m.

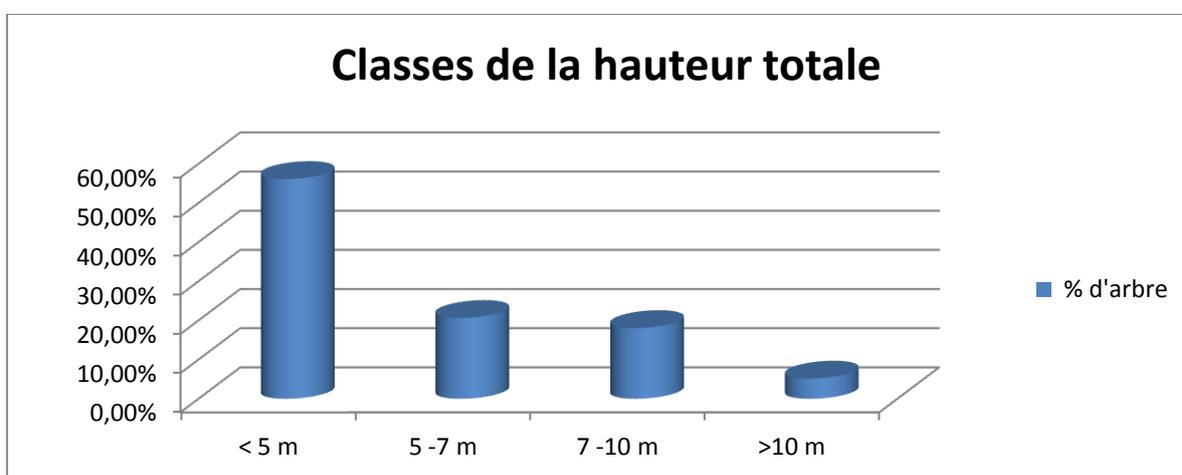


Figure n°12: Distribution des arbres par classe de hauteur totale moyenne des 07 placettes.

Dans la figure 14 nous remarquons que la classe 1 (< 5 m) est la classe dominante avec 56,12 %. Puis vient la classe 2 (5 -7 m) avec 20,64 % . Les arbres des autres classes sont moins représentés , ils sont de l'ordre de 18,06 % (7-10 m) et de 5,16 % seulement pour les arbres les plus hauts dépassant les 10 m.

Nous avons divisé les 3 placettes des peuplements jeunes en 3 sous classes de hauteur de la classe 1 (< 5 m). Les résultats sont consignés dans le tableau 16.

Tableau n°16 : Classes de la hauteur des arbres des 3 placettes des peuplements jeunes.

Classes de la hauteur	< 5 m			5 -7 m	7 -10 m	>10 m
	<1 m	1-3 m	3-5 m			
Effectif d'arbres	103	94	00	00	0	
% d'effectif	52,28 %	47,71 %	00 %	00 %	00 %	00 %
Moyenne (m)	1,03					
Ecart type	0,16					
Coefficient de variation %	15,53					

Pour l'ensemble du peuplement des 3 placettes 5 ,6 et 8 la hauteur moyenne est estimée à 1,03 m ce qui caractérise un peuplement très jeune . La hauteur minimale est de l'ordre de 0,25 m et la maximale est de 2,46 m.

Nous remarquons que la classe 1 (< 1 m) est la classe dominante avec 52,28 % . Puis vient la classe 2 (1-3 m) avec 47,71 % , la classe 3 étant absente.

3.1.5. Diagnostic de l'état de santé des arbres

3.1.5.1.Examen de la cime

les classes de décoloration et de défoliation sont consignées dans le tableau 17 selon (Arnaldo et al., 2010) et (Bouhraoua et al., 2002).

Les résultats de l'inventaire sanitaire sont présentés dans la Tableau 17, selon les classes de décoloration et de défoliation pour les 10 placettes d'étude. Ces deux facteurs sont utilisés pour caractériser ultérieurement l'état sanitaire global du peuplement de pin d'Alep en calculant l'Indice de dépérissement .

Tableau n°17 :Résultats de l'inventaire sanitaire des placettes d'étude.

Placette	Nombre d'arbres décolorés par classe					Nombre d'arbres Défoliés par classe				Nombre de nids	Signes d'attaques présentes sur
	1	2	3	4	5	1	2	3	4		
01	02	01	02	01	02	13	02	01	00	00	11/16
02	01	02	01	00	1	11	01	00	00	00	9/12
03	05	04	06	10	00	20	03	02	00	00	18/25
04	02	07	05	00	05	18	00	01	00	00	14/19
05	05	14	19	03	01	26	12	03	03	02	29/44
06	03	06	24	14	02	20	16	11	02	07	36/49
07	04	08	03	00	06	17	04	00	00	00	20/21
08	04	24	51	25	00	64	31	09	01	00	104/104
09	01	11	30	01	00	22	18	03	00	00	43/43
10	06	04	09	00	00	13	06	00	00	00	19/19

Au niveau du site d'étude les trous d'insectes xylophages affectent la majorité des arbres, l'action de l'homme se traduit par des blessures qui ont touché quelques arbres échantillonnés surtout par l'action de gemmage.

Quant aux nids de la chenille processionnaire de pin, on a constaté une absence totale au niveau des placettes étudiées, à l'exception d'un très petit nombre au niveau des placettes des peuplements jeunes naturels, qui sont d'anciens nids, dont 2 nids dans la placette 5 et 7 nids dans la placette 6 (Tableau 17).

3.1.5.1. 1. Décoloration

Selon le tableau 17, on observe une faible décoloration dans les placettes étudiées, (classe 1) « pas de décoloration » avec un taux de 9,37%, une coloration normale (classe 2) présente avec un taux de 22,73%, et une coloration anormale des classes 3,4 et 5 avec un taux de 67,90%.

La décoloration est présente dans les peuplements jeunes en grand pourcentage avec 93,90%. On a enregistré 17 arbres dont le feuillage est complètement décoloré dans les placettes 1, 2, 4, 5, 6 et 7.

3.1.5.1. 2. Défoliation

La figure 13 représente la distribution des arbres selon les classes de défoliation.

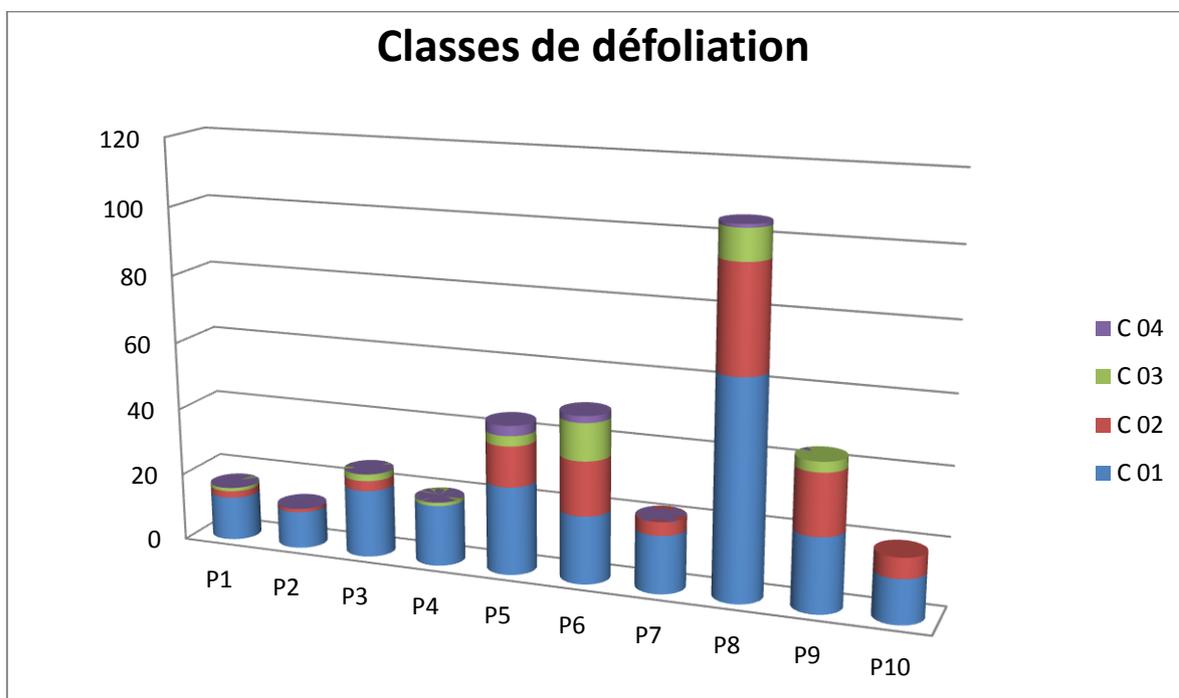


Figure n°13 : Distribution des arbres par classe de défoliation des placettes étudiées.

Pour les placettes 5, 6 et 8 nous remarquons la présence des quartes classes 1, 2, 3 et 4, avec une dominance de la première classe (<25% de défoliation), avec respectivement 59

%, 40,81 % et 61,53 % d'arbres sains. Les arbres morts sont d'un pourcentage de 6,66 % , 4,08 % et 0,96 % respectivement pour les placettes 5 ,6 et 8.

Dans les placettes d'arbres adultes 1, 3 et 9 nous notons la présence de trois classes seulement ; il s'agit des classes 1 , 2 et 3 avec une dominance de la classe 1 d'un taux de 81,25 % , 80 % et 51,16 % respectivement pour ces 3 placettes .

Dans les placettes 2, 7 et 10 nous notons la présence de deux classes seulement ; il s'agit des classes 1 et 2 avec une dominance de la classe 1 (arbres sains) avec des taux respectifs de 91,66 % , 80,91 % et 68,42 %. Les arbres ayant perdu moyennement leur feuillage sont de 8,54% , 19,09 % et 41,58 % , respectivement pour les placettes 2 , 7 et 10.

Pour la placette 4 , la classe 1 reste toujours dominante par rapport aux autres classes. La classe 3 des arbres dépérissants (>60 % de défoliation) représente 5,67 %. Cependant les arbres morts sont présents dans les placettes 5,6 et 8 seulement, avec un nombre de 6 arbres ,dont 3 arbres dans la placette 5 ,2 arbres dans la placette 6 et 1 arbre dans la placette 8.

Le peuplement est en général dominé par la classe 1 avec un taux de 63,63 % d'arbres sains. Ceci signifie que le peuplement est en général en bonne santé. Mais nous notons un taux non négligeable d'arbres affaiblis ayant perdu plus de 25 % de leur feuillage (26,14 %). Les arbres dépérissants et morts sont rares avec un taux de 10,2 %.

3.1.5.1.3. Indice de santé

Le tableau 18 en dessous représente les résultats du calcul des indices de santé « ID » pour les 10 placettes. La figure 16 illustre l'état global des peuplements de pin d'Alep des placettes échantillonnées .

Tableau n°18: Calcul des indices de santé et catégorie sanitaire des 10 placettes d'étude.

Placettes	Indice de santé	Statut sanitaire
1	1,25	Non dépérissant ou sain
2	1,08	Non dépérissant ou sain
3	1,28	Non dépérissant ou sain
4	1,10	Non dépérissant ou sain
5	1,61	En début de dépérissement
6	1,97	En début de dépérissement
7	1,19	Non dépérissant ou sain
8	1,49	Non dépérissant ou sain
9	1,55	Non dépérissant ou sain
10	1,31	Non dépérissant ou sain

L'indice de santé des 8 premières placettes varient entre 1,08 et 1,55. Ce indice classe les peuplements de ces placettes dans la catégorie sanitaire « sain » ou en bonne santé.

Par contre, les 2 autres placettes (5 et 6) qui sont des peuplements jeunes sont caractérisées par un indice de santé plus élevé de l'ordre de 1,61 et 1,97. Ceci signifie que les peuplements de ces placettes sont affaiblis ou en début de dépérissement.

Globalement le peuplement de pin d'Alep (10 placettes confondues) est sain avec différents indices de santé (Figure 14).

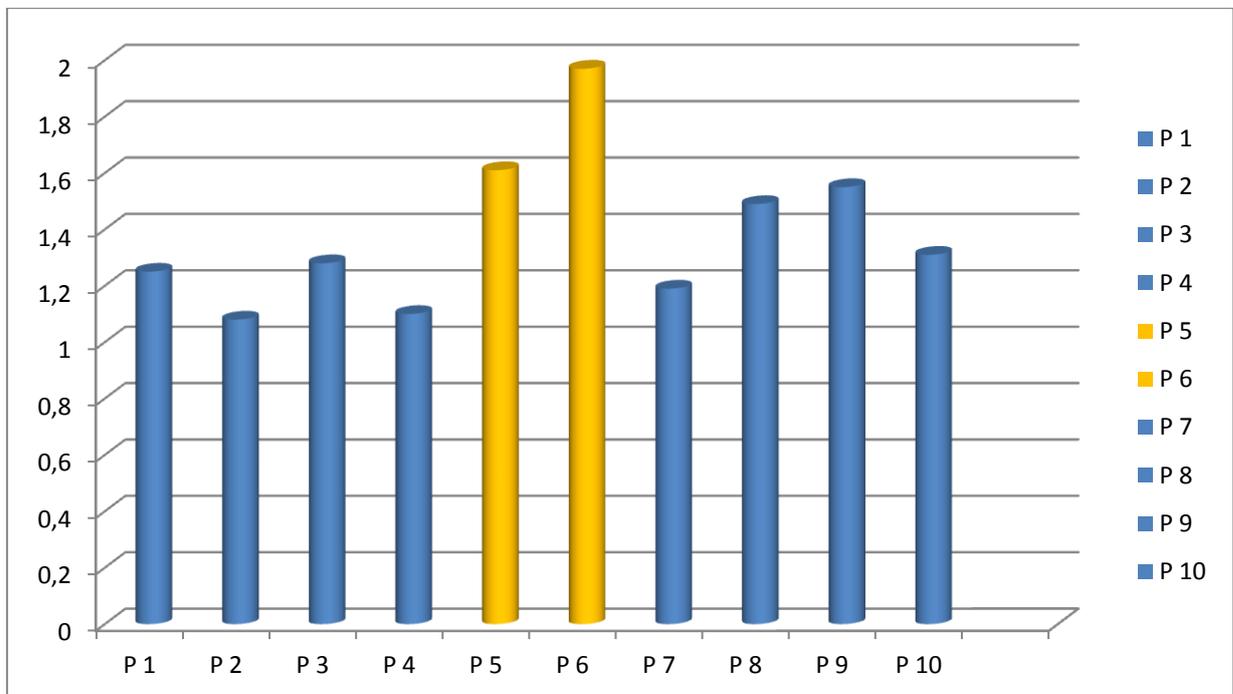


Figure n°14: Distribution des placettes selon l'indice de santé « ID ».

3.1.6. Relevés floristiques

La composition floristique traduit souvent l'état de végétation de la forêt et les conditions édapho-climatiques et même anthropiques bien précises, dans lesquelles évolue la forêt. Dans la placette d'étude le cortège floristique qui accompagne le pin d'Alep est mentionné dans le tableau 19.

. **Tableau n°19:** Liste floristique accompagnant le pin d'Alep.

Placette	Espèces
01	<i>Cistus albidus</i> , <i>Quercus ilex</i>
02	<i>Calycotome Spinosa</i> , <i>Cistus albidus</i> , <i>Quercus ilex</i>
03	<i>Cistus albidus</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Anagallis arvensis</i> , <i>Retama sp</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> .
04	<i>Cistus albidus</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Calycotome Spinosa</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Ampelodesma mauritanicum</i> , <i>Thymus sp</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Micropus bombycinus</i> .
05	<i>Cistus albidus</i> , <i>Micropus bombycinus</i> , <i>Thapsia garganica</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Scabiosa stellata</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Atractylis humilis</i> .
06	<i>Cistus albidus</i> , <i>Micropus bombycinus</i> , <i>Thapsia garganica</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Sinapis pubescens</i> , <i>Globularia alypum</i> .
07	<i>Cistus albidus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Leuzea conifera</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Ampelodesma mauritanicum</i> .
08	<i>Cistus albidus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Globularia alypum</i> , <i>Sinapis pubescens</i> .
09	<i>Cistus albidus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> . <i>Globularia alypum</i> , <i>Sinapis pubescens</i> <i>Juniperus phoenicea</i> .
10	<i>Cistus albidus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Stipa tenacissima</i> . <i>Globularia alypum</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Calycotome Spinosa</i> , <i>Atractylis humilis</i> , <i>Astragalus armatus</i> .

3.2. Discussion

Le dispositif expérimental est composé de 10 placettes choisies et sélectionnées en raison de leur infestation, localisées sur différents versants du massif forestier de Ouennougha , les altitudes varient entre 546 m et 1174 m.

Les études de dépérissement des forêts se référant à la réduction du volume de la cime globale qui est généralement estimé visuellement par une échelle semi-quantitative basée sur le pourcentage de défoliation appliquée à chaque arbre (**Dobbertin, 2005**). La défoliation est l'un des principaux facteurs utilisés pour évoquer la santé des forêts et la mortalité des sujets (**Dobbertin, 2005**).

Les paramètres dendrométriques reflétant la situation climatique défavorable à la croissance annuelle des arbres de pin d'Alep (**Kadik, 1983**). Selon **Sanchez-Salguero et al., (2010)**, Le retard dans la hauteur totale des arbres peut refléter un stress hydrique des arbres où les populations d'extrême sud sont exposées à des sécheresses prolongées. Ce retard peut être aussi le reflet de l'état de santé de notre peuplement (**Guit et al., 2015**) qui présente un travail sur le massif forestier de Djelfa, la circonférence moyenne des arbres est de 120,15 cm et la hauteur moyenne est de 10,69 m , dans notre forêt la circonférence moyenne des arbres des placettes étudiées est de 36,8 cm et la hauteur moyenne est de 4,26 m.

Autre facteur qui peut influencer d'une façon indirecte la caractérisation morphologique des pinèdes, le gradient altitudinal. Ce dernier joue un rôle important dans la répartition des tranches de précipitations, considérées aussi comme un facteur limitant de la croissance annuelle du pin d'Alep. Selon **Seltzer (1946)**, les précipitations augmentent de 40 mm pour 100 m d'altitude dans la région de l'Atlas saharien. On a enregistré que la placette 1 d'une altitude de 1174 m à un indice de santé de 1,25 présente une placette saine par contre la placette 6 de 546 m d'altitude présente un indice de santé le plus élevé qui est de 1,97, cette placette est en début de dépérissement.

À ce sujet, **Sanchez-Salguero et al., (2010)** citent, comme facteur prédisposant au dépérissement, l'exposition Sud défavorable à la croissance du Pin d'Alep dans les zones semi-arides où l'eau est le principal facteur limitant. Cette exposition est la moins favorable puisque l'évapotranspiration y est plus intense. L'exposition sud s'est avérée être l'un des facteurs stationnels lié au dépérissement des Pins d'Alep dans la forêt de Ouennougha. Nos placettes montrent que la placette 5 d'exposition Sud-Est et la placette 6 d'exposition Sud sont les plus touchées par le dépérissement. (**Linares et al., 2009**), menant une étude dans les chaînes montagneuses des Pyrénées, concluent que les peuplements les plus affectés par le phénomène de dépérissement sont ceux croissant à des altitudes plus basses que 1000 m, sur versant Sud ou sur les crêtes. En effet, les placettes 5 et 6 de peuplements jeunes naturels enregistrent les plus basses altitudes qui sont de 639 m pour la placette 5 et 546 m pour la placette 6, présentant ainsi l'indice de santé le plus élevé (1,61 pour la placette 5 et 1,97 pour la placette 6), selon le tableau 19 ces deux placettes sont en début de dépérissement.

Le dépérissement des forêts est un processus faisant intervenir de multiples facteurs de stress de nature biotique ou abiotique qui agissent de façon consécutive ou concomitante (**Nageleisen, 2005**). Le même auteur ajoute que le dépérissement se traduit pour l'arbre par une perte de vitalité et la mortalité d'organes pérennes ; on observe alors un éclaircissement du houppier, conséquence d'une réduction de la masse foliaire. **Landmann et al., (1987)** ont confirmé, à travers une étude réalisée sur le sapin, que ce phénomène est généralement aperçu par deux symptômes macroscopiques ; la défoliation et le jaunissement du feuillage. La défoliation et la décoloration sont des indicateurs principaux, retenus pour l'estimation des dégâts. Les forêts de pin d'Alep sont concernées aussi par ce phénomène depuis plusieurs années (**Mirault et Regad, 1992**).

Un état des lieux du phénomène est établi en prenant en compte :

- Une caractérisation des symptômes en adoptant les différents stades d'évolution du phénomène de dépérissement : Jaunissement ; branches mortes ; défoliation, sujets dépéris.
- Une quantification des coupes d'assainissement.

Après l'étude des 10 placettes, il a été constaté une perturbation de l'état sanitaire général de cette forêt, puisque l'indice de dépérissement qui exprime d'une façon directe l'état sanitaire du peuplement a augmenté surtout dans les peuplements jeunes (placette 5 et 6) avec une augmentation du taux de défoliation.

Le pin d'Alep se caractérise par des aiguilles persistantes plus sensibles au dépérissement que les autres espèces à feuilles caduques, puisque sa cuticule n'est pas encore suffisamment développée pour protéger efficacement les tissus foliaires d'une éventuelle agression (**Pérez-Contreras et al., 2014**).

Nos résultats indiquent que dans les placettes 5 et 6, on a enregistré l'état sanitaire le plus dégradé, ces 2 placettes ont présenté un début de dépérissement au cours de l'année avec une augmentation d'une perte foliaire importante. Contrairement aux autres placettes où on a enregistré un bon état sanitaire avec une faible défoliation du houppier. Les arbres complètement jaunes sont enregistrés dans les placettes 1, 2, 4, 5, 6 et 7. Les arbres complètement défoliés sont enregistrés dans les placettes 5, 6 et 8.

Les grands froids ou les grandes sécheresses ont des conséquences directes sur l'essence mais, ils favorisent souvent l'intervention des facteurs biotiques tels que les parasites entomologiques ou pathologiques aggravants, surtout les insectes ravageurs et les champignons et parfois les bactéries ou les virus (**Mirault et Regad, 1992**). Notre forêt est située dans un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais et été chaud et sec, a une période de sécheresse située entre le mois de Juin et le mois de Septembre durant cette période l'arbre souffre d'un manque d'eau, pouvant agir défavorablement sur sa croissance.

L'incidence des facteurs pathologiques est souvent moins spectaculaire que les attaques de ravageurs forestiers tels que la processionnaire du pin. Pourtant à moyen terme, ils peuvent constituer des facteurs limitants plus préoccupants (**Mirault et Regad, 1992**).

Les trous d'insectes xylophages présents sur les troncs des arbres de pin d'Alep sont généralement causés par des scolytes tels que Tomicus destruens, Tomicus minor (**Chakali, 2007**). Les dégâts causés par Tomicus destruens, appelé aussi l'hylésine destructeur, peuvent conduire au dépérissement et à la mort des arbres. Bien qu'il s'attaque généralement aux arbres abattus ou blessés, il peut devenir épidémique suite à des périodes de sécheresses successives et se porter sur des arbres apparemment sains (**Chakali, 2007**). En effet des trous d'insectes xylophages ont été visibles sur les deux tiers des nos arbres échantillons.

L'action de l'homme sur la forêt de Ouennougha se traduit par des blessures sur les troncs des arbres écorcés par l'action de gemmage. La forêt de Ouennougha connaît également l'action de surpâturage, en effet durant nos sorties, nous avons observé des bergers avec leur cheptel dans cette forêt, qui peut jouer un rôle important dans le déséquilibre

et la dégradation des peuplements. Mais aussi peut présenter des avantages pour le fonctionnement de l'écosystème des pineraies, le broutage de la végétation du sous-étage par les animaux facilitant la décomposition et contribuant ainsi au recyclage et à une circulation plus rapide des éléments nutritifs. Cependant, le piétinement peut réduire la régénération et la croissance des jeunes pousses (**Kadik, 1983**).

L'état de santé du pin d'Alep a été essentiellement lié à la chenille processionnaire son principal ravageur le plus redoutable (**Hódar et al., 2003**), qui se nourrit des aiguilles à différents stades et provoque une défoliation considérable (**Arnaldo et al., 2010**) qui affaiblit les arbres attaqués et peut perturber sa croissance et peut même conduire à la mort des arbres.

Le taux d'infestation du pin d'Alep par la chenille processionnaire de la région d'étude est nul dans les placettes adultes, et très faible dans les peuplements jeunes naturelles ou on signale d'anciens nids .

Conclusion

Conclusion

Depuis plusieurs années, les forêts méditerranéennes connaissent un problème de dégradation et une diminution de leur surface végétale, ce qui menace leur survie dans toute leur aire naturelle (Sechi et al., 2002). Les changements climatiques (augmentation de la température et réduction des précipitations), la dégradation des sols, les incendies, le surpâturage, les maladies fongiques et les attaques d'insectes ravageurs font disparaître des surfaces considérables de forêts méditerranéennes (Schvester, 1990).

Ce travail portant sur un diagnostic de l'état sanitaire des peuplements naturels de Pin d'Alep dans la massif forestier de Ouennougha, nous pouvons conclure que le facteur exposition s'est avéré une des principales causes du phénomène de dépérissement au niveau des placettes étudiées .

Nous avons étudié la forêt en mettant l'accent sur les peuplements de pin d'Alep adultes et jeunes.

Les placettes adultes 1 ,2,3,4,7,9 et 10 sont situées dans une altitude entre 803 m et 1174 m , avec un climat plus favorable pour les arbres (plus forte précipitation et plus basse température) et avec une faible densité des arbres. Elles se caractérisent aussi par des sujets plus âgés avec une hauteur importante .

L'indice de dépérissement a indiqué un bon état de santé et moins de défoliation par rapport aux autres placettes de peuplements jeunes. Cependant, l'infestation par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) est nulle dans ces placettes.

Par contre , pour les placettes de peuplements jeunes 5 , 6 et 8 situées sur une altitude plus basse entre 546 et 802 m, elles se caractérisent par des peuplements clairsemés , plus jeunes et des sujets à petites hauteurs. Dans ces placettes, l'indice de dépérissement a indiqué une dégradation et une chute de la vitalité des arbres avec une forte défoliation et assez grave décoloration . L'infestation par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) a été très faible , présentée par quelques anciens nids .

A la lumière de ces résultats, plusieurs facteurs peuvent provoquer le dépérissement et l'affaiblissement des peuplements forestiers, mais les conditions climatiques (baisse des précipitations et augmentation de la température) et les conditions stationnelles (gradient altitudinal , exposition et densité), restent les facteurs prépondérants qui favorisent l'infestation des forêts par les dépérissements , car les placettes 5 et 6 de peuplements jeunes se trouvent dans les versants Sud-Est et Sud à une altitude de 546 m et 639 m à de densités importants de 880 arbres/ha pour la placette 5 et de 1100 arbres/ha pour la placette 6 , en conséquence ces deux placettes sont en début de dépérissement.

Parmi les recommandations à proposer aux décideurs du domaine forestier, nous pouvons suggérer de :

- * Mettre en place des stations permanentes, et ceci à travers tout le patrimoine forestier, pour pouvoir suivre à long-terme les variations de la croissance et de la santé des arbres.
- * Procéder à des traitements sylvicoles (coupes de dépressage des peuplements à forte densité surtout les peuplements de régénération, coupes d'assainissement éliminant les sujets sénescents ou morts et ainsi éviter qu'ils soient des foyers de pullulation de xylophages.
- * Réaliser des programmes de reboisement afin de régénérer ce patrimoine forestier. La reforestation doit se faire préférentiellement avec des semences de la même région.
- * Mettre en défens les plantations en interdisant l'accès aux jeunes semis par le cheptel au moyen d'un gardiennage strict.
- * Couper les arbres complètement décolorés.
- * Mettre des arbres pièges pour attirer les xylophages.

Les résultats de cette étude constituent un diagnostic descriptif et analytique qui mérite d'être élargi à toute la forêt et d'autres forêts de pin d'Alep en zones semi-arides pour tirer plus de renseignements sur le comportement de cette essence ainsi que sur la distribution des xylophages et leur répartition spatio-temporelle. De même il serait opportun de considérer le problème de dépérissement dans sa globalité à l'échelle méditerranéenne afin d'élaborer en commun des stratégies d'action concertées et plus prometteuses.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Adjami Y., (2016).** Étude des facteurs de dépérissement du chêne-liège dans les subéraies de l'Est Algérien. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba. Algérie : 241 p .
- Anonyme., (2008) .** Etude d'inventaire forestier national (Bureau national d'études pour la développement rural), 21 p
- Arnaldo P.S., Chacim S., et Lopes D., (2010).** Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *iForest* 3 : p 159-162.
- Belghazi M., Ezzahiri F., et Romane F., (2000).** Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt de Tamga (haut Atlas, Maroc), Cahier d'Agriculture. 9 (1): 39 p.
- B.N.E.F., (1990).** Etude d'aménagement des forêts domaniales des Bibans et d'Ouennougha wilaya de Bordj Bou Arréridj. Bureau National de l'études forestières Blida : p 3 - 21.
- Boudy P., (1955).** Economie forestière Nord Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose edit, Paris : 483 p.
- Bouhraoua R.T., (2003).** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien: étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de doctorat Université de Tlemcen. Algérie ; 290 p.
- Bouhraoua R.T., Villemant C., Khelil M.A., et Bouchaour S., (2002).** Situation sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest algérien : impact des xylophages, IOBC/wprs Bull. 25 (5): p 85- 92
- Bouragba N., (2015).** Contribution à l'étude de minéralisation de la chaîne de Azerou (chaîne des Bibans , Bordj Bou Arréridj). Thèse de magistère en géologie .Université Ferhat Abbas . Sétif : p 23.
- Chakali G., (2007).** Stratégie d'attaque de l'hylésine *Tomicus destruens* (Wollaston 1865) (Coleoptera : Scolytidae) sur le pin d'Alep en zone semi-aride (Algérie, Djelfa), Annales de la Société Entomologique de France 43 (2): p 129-137.
- Daas H., (2015).** Étude des subéraies de haute et moyenne montagne : État sanitaire et interaction des facteurs écologiques dans la forêt de Ouled Bechih (Souk-Ahras). Thèse de doctorat. Université d'Annaba. Algérie : 170 p.
- Dobbertin M., (2005).** The Decline of *Pinus sylvestris* L. Forests in the Swiss Rhone Valley - a Result of Drought Stress. *Phyton* (Austria) 45 (4): 153 p.

- Hódar J. A., Castro J. et Zamora R., (2003).** Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming, *Biological Conservation* 110 (1): p 123-129.
- Ghanem R., (2014).** Les facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands. Thèse de Doctorat. Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Annaba, Algérie :182 p.
- Guit B., (2015).** Croissance et état sanitaire des peuplements de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif forestier de Sanalba (Djelfa, Algérie), Thèse de Doctorat. École nationale supérieure d'agronomie El-Harrach- Algérie : p 02 -160.
- Kadik B., (1983).** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Thèse de doctorat, INA El Harrach, Algérie, 574 p.
- Kadik B., (1987).** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires (Alger) : 585 p.
- Landmann G., Bonneau M., et Adrian M., (1987).** Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans le massif vosgien est-il en relation avec l'état nutritionnel des peuplements ? *Revue forestière française* 39 (1) : p 05-11.
- Linares J.C., Camarero J.J., et Carreira J.A., (2009).** Interacting effects of changes in climate and forest cover on mortality and growth of the southern most European fir forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 18 : 485 p.
- Masson G., (2005) .** Autécologie des essences forestières. Comment installer chaque essence à sa place. Autécologie '1'. France : TEC et DOC. 306 p.
- Mirault J., et Regad J., (1992).** Le point sur la situation phytosanitaire du pin d'Alep, *Forêt méditerranéenne* 13 (3) : p 220-223.
- Nageleisen L-M., (2005).** Dépérissement du Hêtre: présentation d'une méthode symptomatologique de suivi. *Revue forestière française*, 57 (2): p 255-262.
- Nichane M., (2015).** Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen). Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen. Algérie : 247 p.
- Peguy C.P., (1961).** Précis de climatologie . Masson, Paris: 347 p.
- Pérez-Contreras T., Soler J.J., et Soler M., (2014).** Host selection by the pine processionary moth enhances larval performance: An experiment, *Acta Oecologica* 55: p 15-22.
- Prévosto C., (2013).** Le pin d'Alep en France. Ed. Quae. Paris : 160 p.

- Prévosto C., Ripert G., Favand J.M., Lopez R., Esteve W. et Martin A. N'Diaye., (2009).** Régénération du pin d'Alep en Basse Provence. Impact des traitements du sol, de la végétation et des rémanents, Forêt méditerranéenne 30 (1) : 3 p.
- Quézel P. et Médail F., (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Lavoisier. Paris : 571 p.
- Quézel P., Médail F., Loisel R. et Barbero M., (1999).** Biodiversity and conservation of Forest species in the Mediterranean basin. Unasylva-Fao: p 21-28.
- Ramade F., (2003).** Eléments d'écologie- écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689 p.
- Ramade F., (1996).** La conservation des écosystèmes méditerranéens, aménagement et nature n° 121: 25 p.
- Rondeux J.,(2002) .** Inventaire forestier et biodiversité. Les cahiers forestiers de Gembloux n°28: 17 p.
- Rondeux J., (1999).** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux.. Edition TECODOC: p 412-511.
- Sanchez-Salguero R., Navarro-Cerrillo R. M., Camarero J.J. et Fernandez-Cancio A., (2010).** Drought-induced growth decline of Aleppo and maritime pine forests in south-eastern Spain. Forest Systems 19 (3): 458 p.
- Schvester D., (1990).** Protection phytosanitaire de la forêt méditerranéenne: les insectes : p 248-256.
- Sechi C., Ruiu P.A., Franceschini A., et Corda P., (2002).** Nouvelles recherches sur l'extension des phénomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. IOBC/wprs Bull 25 (5) : p 5-12.
- Seltzer P., (1946).** Le climat d'Algérie. Inst. Météor et Phys. du Globe. Alger : 219 p.
- Seigue A., (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et La rose. Paris. France : 502 p.
- White F., (1986).** La Végétation de L'Afrique (The Vegetation of Africa). Ed. IRD: 384 p.

ملخص :

تهدف الدراسة الحالية إلى معرفة الحالة الصحية للسنوبر الحلبي وتقدير الأضرار الناجمة عن الوفاة في مناطق غابات ونوغة الواقعة في المنطقة شبه الجافة من منطقة برج بوعرييريج. باستخدام المقاطع التي تتضمن الاختلافات في الارتفاع والمعرض ، تم مسح 10 عينات من قطع الأرض بمساحة 500 م² لكل منها على مستوى غابة ونوغة. خضعت كل قطعة للقياسات الشجرية التالية: محيط الشجرة على ارتفاع 1,30 م و الارتفاع الكلي للأشجار , التي ربطناها بالخصائص الموقعية التالية : ارتفاع المكان , العرض و الانحدار وكذلك فحص اغصان الاشجار (تساقط وتغير لون الأوراق) والجذع (وجود ثقب حشرات اكلات الخشب و الاصابات). أظهر تحليل البيانات أن العرض والارتفاع هما العاملان المؤثران في الحالة الصحية للأشجار. مجموعة الاشجار ذات أعلى مؤشر إصابة الأشجار هي أشجار التجديد الطبيعي الموجودة في الواجهة الجنوبية ، على ارتفاع 546 إلى 802 م . حيث بلغ متوسط ارتفاع الأشجار 1,03 مترًا ومحيطها 6 سم كما لاحظنا وجود أعشاش دودة السنوبر الجرارة بينما كانت ثقب الحشرات والشقوق مرئية على أكثر من ثلثي الأشجار.

الكلمات الرئيسية: *Pinus halepensis* , قياس الأشجار , غابة ونوغة , إصابة الأشجار , تساقط الاوراق .

Résumé :

La présente étude a pour objectif de connaître l'état de santé du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) et distinguer l'estimation des dégâts d'infestation dans la forêt de Ouennougha située en zone semi-aride de la région de Bordj Bou Arréridj. À partir des variations d'altitude et d'exposition, 10 placettes d'échantillonnage de 500 m² chacune ont été échantillonnées au niveau de cette forêt. Chaque placette a fait l'objet de mesures dendrométriques à savoir : La circonférence à 1,30 m et la hauteur totale des arbres, qui leur ont été associées des caractéristiques stationnelles : l'exposition, l'altitude et la pente , ainsi que l'examen de la cime (Evaluation de la défoliation et de la décoloration) et du tronc (présence des trous d'insectes xylophages, et les blessures). L'analyse des données a montré que l'exposition et l'altitude sont les deux facteurs affectant l'état de santé des arbres. Les peuplements qui présentent un indice d'infestation le plus élevé sont les peuplements de régénération situés sur l'exposition sud ,sur une altitude variant de 546 à 802 m . Les arbres ont en moyenne 1,03 m de hauteur et 6 cm de circonférence, comme on peut noter la présence de nids de la chenille processionnaire du pin et des trous d'insectes xylophages qui ont été visibles sur les deux tiers des arbres échantillonnés.

Mots-clés : *Pinus halepensis* ; dendrométrie ; forêt de Ouennougha ; Infestation ; Défoliation.

Abstract :

The present study consists on showing the health situation of *Pinus Halepensis* Mill, And the estimation of the damages of infestation in the forest of Ouennougha, situated in the semi-arid area of Bordj Bou Arreridj. Basing on altitude and exposition variations, 10 sampling plots of 500 square Meters each one , have been selected in Ouennougha forest. Each Plot has been the subject to the dendrometric mesures as: Circumference at 1,30 m and total Height,with have been associated to stationary characteristics: Exposition, Altitude and slope , as well as the examination of the top (Assessment of defoliation and discoloration) and the trunk (presence of holes of xylophagous insects and wounds) data analysis revealed that exposition and altitude are the two factors affecting the trees situation health as follows . The stands with the highest infestation index are the regeneration stands located on the southern exposure, at an altitude of 546 to 802 m . The trees are at the average 1,03 m in height and 6 cm in circumference, as we can note the presence of nests of the pine processionary caterpillar and holes of xylophagous insects were visible on two thirds of the sampled trees.

Key words : *Pinus halepensis* ; Dendrometry ; Forest of Ouennougha ; Infestation ; Defoliation.