



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique

Université Abbès Laghrour-Khenchela

Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : Ecologie et environnement

OPTION : Protection des écosystèmes

Thème

*Etude l'impact des facteurs environnementaux
sur la croissance et la production du Pinus
halepensis Mill. dans la forêt des Béni Oudjana
(wilaya de Khenchela)*

Soutenu à distance Par :

Les étudiantes : *HAMIDANI Souad
MAOU Salima*

Devant le jury

-Président : *OUANES Myiada* MCA *Université Abbès Laghrour -Khenchela*
-Examineur : *ZITOUNI Ouassila* MAA *Université Abbès Laghrour -Khenchela*
-Encadreur : *MENASRI Ammar* MAA *Université Abbès Laghrour -Khenchela*

Promotion 2020- 2021

Remerciement

A l'issue de ce travail, nous remercions avant tout DIEU, tout puissant, de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nos remerciements vont, en premier lieu, à notre encadreur Mr. MENASRI A. ayant suivi, corrigé et orienté ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et notre profond respect pour ses précieux conseils, son aide et sa disponibilité.

Un grand Merci est également adressé aussi bien au Docteur OUANES M. pour l'honneur qu'elle nous a fait à présider le jury qu'à Mme. ZITOUNI Ouassila pour sa disponibilité en acceptant d'examiner ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux forestiers de la circonscription des forêts de Kais pour leur disponibilité et leur accompagnement et assistance durant les sorties effectuées sur terrain.

Nos remerciements s'adressent enfin à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

A vous toute et tous, nous disons...MERCI....

Dédicace

A nos chers parents

A nos chers époux

A nos enfants, nos frères et sœurs,

A tous ceux qui ont contribué à ce travail...

...Nous dédions ce fruit de travail...

HAMDANI Souad et MAOU Salima

Résumé :

La présente étude se reporte sur l'étude de l'effet des facteurs environnementaux sur la croissance et la production de (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt des Béni Oudjana (Wilaya de Khenchela). 9 stations ont été choisies aléatoirement et implantées dans cette zone d'étude en fonction des facteurs environnementaux (Altitude, Exposition, pente, type de sol, taux de recouvrement). 360 arbres, soit 40 arbres choisis par station ont été mesurés : hauteur des arbres et leurs houppiers et les diamètres à 0,30m et à 1m30.

Les données récoltées sont soumises à deux analyses statistiques à l'aide de logiciel EXCELSTAT18, dont l'analyse par l'ANOVA en introduisant les variables qualitatives et quantitatives (analyse mixte) et une analyse multi variée par l'ACP. Ces deux analyses ont révélé en évidence que les expositions Nord-est et Nord-ouest influent positivement sur la croissance en hauteur et en diamètre des arbres de pin d'Alep (stations 1, 3, 5, 6, 10 et 11). Quant à la pente, elle influe positivement en cas de faibles pentes (de 0 à 3% et de 3à 12%) si elles sont conjuguées avec des expositions les plus arrosées et moins ensoleillées (Nord-est, Nord-ouest). Contrairement au sol, où aucune signification n'est notée vis-à-vis du type de sol (brun calcaire, brun forestier, peu évolué) car, le pin d'Alep demeure une essence indifférente et elle pousse sur tout type de sol. Donc ce dernier paraît un facteur indifférent par rapport aux variables dendrométriques ainsi étudiées. Les similarités observées montrent également que les stations choisies se trouvent presque dans les mêmes conditions du moment qu'elles bénéficient des conditions de même étage climatique dit semi-aride frais.

Mots-clés : Impact de facteurs environnementaux, Croissance de *Pinus halepensis* Mill. Forêt des Béni Oudjana, Khenchela, ACP et ANOVA.

Abstract:

This study relates to the study of the effect of environmental factors on the growth and production of (*Pinus halepensis* Mill.) in the forest of Beni Oudjana (Wilaya of Khenchela). 9 stations were chosen and located in the study area according to environmental factors (Altitude, Exposure, slope, soil type, and recovery rate). Dendrometry measurements were taken on 360 trees, i.e. 40 trees chosen per station: height of trees and their crowns and diameters at 0.30m and 1.30m. The data collected are subjected to two statistical analyzes using EXCELSTAT18 software, including analysis by ANOVA by introducing qualitative and quantitative variables (mixed analysis) and a multivariate analysis by PCA. These two analyzes clearly revealed that the northeast and northwest exposures positively influence the growth in height and diameter of Aleppo pine trees (stations 1, 3, 5, 6, 10 and 11).

As for the slope, it has a positive influence in the event of low slopes (from 0 to 3% and from 3 to 12%) if they are combined with the most watered and less sunny exposures (North-East, North-West). Unlike the soil, where no significance is noted in relation of the type of soil (limestone brown, forest brown, little evolved) because the Aleppo pine remains an indifferent species and it grows on any type of soil. So the latter seems to be an indifferent factor in relation to the dendrometry variables thus studied. The similarities observed also show that the chosen stations are almost in the same conditions as long as they benefit from the same climatic conditions called cool semi-arid.

Key words: Environmental factors effect, growth of *Pinus halepensis* Mill.; forest of Béni Oudjana, Khenchela, PCA and ANOVA.

ملخص: دراسة تأثير العوامل البيئية على نمو وإنتاج الصنوبر الحلبي بغابة بني أوجانة (ولاية خنشلة)

تتعلق هذه الدراسة بدراسة تأثير العوامل البيئية على نمو وإنتاج الصنوبر الحلبي في غابة بني أوجانة (ولاية خنشلة). للقيام بذلك، قمنا بإنشاء 9 محطات بشكل عشوائي في منطقة الدراسة وفقاً للعوامل البيئية (الارتفاع، والتعرض، والمنحدر، ونوع التربة، ونسبة التغطية). تم أخذ قياسات على 360 شجرة، بمعدل 40 شجرة تم اختيارها في كل محطة: ارتفاع الأشجار وارتفاع تيجانها وأقطارها عند 0.30 م و 1.30 م. أخضعت البيانات التي تم جمعها لتحليلين إحصائيين باستخدام برنامج EXCELSTAT18، بما في ذلك التحليل بواسطة ANCOVA من خلال إدخال المتغيرات النوعية والكمية (التحليل المختلط) والتحليل متعدد المتغيرات بواسطة PCA. لقد أظهر هذان التحليلان بوضوح أن التعرضات الشمالية الشرقية والشمالية الغربية لها تأثير إيجابي على نمو ارتفاع وقطر أشجار الصنوبر الحلبي خاصة في المحطات 1، 3، 5، 6، 10، 11.

أما بالنسبة للمنحدرات، فلها تأثير إيجابي في حالة المنحدرات المنخفضة (من 0 إلى 3% ومن 3 إلى 12%) إذا تم دمجها مع التعرض المستفيد كثيرا من التساقطات وأقل تعرضا لأشعة الشمس (شمال شرق، شمال غرب). على عكس التربة، حيث لم نلاحظ أي أهمية فيما يتعلق بنوع التربة (تربة الحجر الجيري البني، تربة غابية بنية، تربة قليلة التطور) لأن الصنوبر الحلبي يظل نوعاً غير مبالٍ وينمو على أي نوع من التربة. لذلك يبدو أن هذا الأخير عامل غير مبال فيما يتعلق بمتغيرات قياس الشجرة التي تمت دراستها على هذا النحو. كما تظهر أوجه التشابه الملحوظة أيضاً أن المحطات المختارة تكون تقريباً في نفس الظروف طالما أنها تستفيد من نفس الظروف المناخية المسماة بارد شبه جاف.

الكلمات المفتاحية: تأثير العوامل البيئية، نمو الصنوبر الحلبي؛ غابة بني أوجانة؛ خنشلة؛ ANOVA و PCA

Liste des abréviations

ACP	: Analyse en Composantes Principales
ANOVA	: Analyse de la variance
ALT	: Altitude
BNEDER	: Bureau National des Etudes de Développement Rural
BNEF	: Bureau National des Etude Forestières
EXP	: Exposition
FAO	: Food and Agriculture Organization

Liste des tableaux

N°		Page
01	Classification du pin d'Alep selon la morphologie et la phylogénie	05
02	Localisation de la végétation dans la wilaya	06
03	Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde	08
04	Facteurs du milieu explicatifs de la croissance du pin d'Alep (D'après analyses de variances). (Brochiero Fet al,1999).	11
05	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm enregistrées dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018) (Station El-Hamma, 2020).	18
06	Moyennes mensuelles des températures maximales (M) et minimales (m relevées dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018) Station El-Hamma, 2020)	19
07	La vitesse de vent maximum (m/s) durant la période 1995-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)	20
08	Caractérisations géographique et écologique des 09 stations de Pin d'Alep étudiées	30
09	Les variables qualitatives récoltées et soumises à l'analyse statistique	30
10	Les variables quantitatives récoltées et soumises à l'analyse statistique	31
11	Résultats de l'ANOVA sur les variables qualitatives et quantitatives des 360 arbres dans les dix stations implantées à Béni Oudjana.	34
12	Les liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives	35
13	Les liaisons entre les variables hauteur et les variables qualitatives''	36
14	Résultats de la synthèse de l'analyse sur les variables qualitatives et quantitatives des 360 arbres dans les neuf stations implantées à Béni Oudjana.	37
15	Valeurs propres issues de l'ACP	39

Liste des figures

N°		Page
01	L'écorce de pin d'Alep (Cliché personnel, 2021)	06
02	Les feuilles du pin d'Alep.	06
03	Les chatons males de pin.	15
04	Les cônes femelles de pin.	19
05	Les graines de pin	20
06	Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> Mill dans le monde (Quézel, 1980).	22
07	Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> Mill en Algérie (Seigue, 1985).	23
08	Évolution mensuelle des précipitations en mm dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018)	18
09	Evolution des températures Moyennes mensuelles durant la période 1995-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)	19
10	Courbe de la vitesse maximum (m/s) de vent durant la période 1997-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)	20
11	Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Station d'El-Hamma, 1997-2020)	21
12	Photos représentant le matériel scientifique de mesure utilisé sur terrain	26
13	Localisation de la zone d'étude dans la forêt de Béni Oudjana	27
14	Localisation de la zone d'étude dans la forêt de Béni Oudjana	29
15	Numérotage des arbres à mesurer	29
16	Mesure des diamètres des arbres	30
17	Les liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives	35
18	Les liaisons entre les variables 'hauteur totale et les variables qualitatives	37
19	Les liaisons entre les variables 'hauteur du houppier et les variables qualitatives	38
20	Projection des variables dendrométriques de <i>Pinus halepensis</i> Mill. Sur le plan (PC1/PC2)	40

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 02

Chapitre I : Synthèse des données sur le pin d'Alep

1.1	Taxinomie	05
1.2	Caractéristiques botaniques	06
1.3	Aire de répartition	08
1.3.1	Dans le monde.....	08
1.3.2	En Algérie	09
1.4	Exigences écologiques de l'espèce.	10
1.4.1	Exigences climatiques	10
1.4.2	Exigences édaphiques	10
1.5	Phénologie de l'espèce	11
1.6	Facteurs de croissance du pin d'Alep	11
	Sur les macro facteurs	11
	Sur les méso facteurs	12
	Sur les facteurs stationnels	12
1.7	Intérêts économiques de l'espèce	13
1.8	Les facteurs dégradations et de menace de pin D'Alep	13
1.8.1	Les facteurs naturels et anthropiques.....	13

Chapitre 2

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1	Contexte juridique et historique	16
2.2	Contexte écologique	17
2.3	Conditions climatiques	18
2.3.1	Étude des paramètres climatiques	18
a	Précipitation	18

b	Températures	19
c	Vent	20
2.3.2	Diagramme ombrothermique de Gaussen	21
2.3.3	Quotient pluviométrique d'EMBERGER	21
2.3.4	Synthèse climatique	22
2.4	Contraintes topographiques et édaphiques (relief et sol)	22
2.5	Diversité floristique	23
2.6	Contexte socio-économique	24

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

3.1.	Objectif.....	26
3.2	Matériels utilisés	26
3.2.1	Matériel scientifique.....	26
3.2.2	Localisation des stations étudiées	27
3.3.	Echantillonnage.....	28
3.3.1.	Type d'échantillonnage choisi	28
3.3.2.	Choix des placettes d'échantillonnage	28
3.3.3.	Forme et taille des placettes échantillonnées	28
3.4	Matérialisation des placettes et mesures des paramètres environnementaux	29
3.5	Variables analysés.....	30
3.5.1	Variables qualitatives.....	30
3.5.2.	Variables quantitatives.....	31
3.6	Analyse statistique.....	31
3.6.1	Analyse de la variance (ANOVA)	31
3.6.2	Analyse en Composante Principale (ACP)	31

CHAPITRE 4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1	Résultats.....	34
4.1.1	Résultats de l'Analyse de la Variance (ANOVA)	34
4.1.1.1	Analyse pour la Variable Diamètre	34
4.1.1.1.1	Analyse des liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives	34
4.1.1.2	Analyse pour la Variable Hauteur	36

4.1.1.2.1	Analyse des liaisons entre les variables “hauteur et les variables qualitatives”	37
4.1.1.3	Analyse pour la Variable Hauteur du houppier	37
4.1.1.3.1	Analyse des liaisons entre les variables “hauteur du houppier et les variables qualitatives”	37
4.1.1.4.	Synthèse des liaisons deux à deux de l’analyse sur les variables qualitatives et quantitatives	38
4.1.2	Résultats de l’analyse en composantes principales (ACP)	39
4.1.2.1	4.1.2.1. L’étude des variables	39
4.2	Discussion	40
4.2.1	Analyse pour la Variable Diamètre	40
4.2.2	Analyse pour la Variable Hauteur	41
4.2.3	Résultats de l’analyse en composantes principales (ACP)	42
Conclusion générale.....		44

Références bibliographiques

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION

En Algérie, la forêt revêt un caractère particulièrement important car, elle constitue un élément essentiel de l'équilibre écologique et socio-économique des régions rurales en particulier et du pays en général. Nulle part ailleurs, la forêt n'apparaît aussi nécessaire à la protection contre l'érosion, la désertification, à l'amélioration des activités agricoles et pastorales et à la protection de l'environnement (Anonyme, 2013).

Actuellement, le couvert forestier global en Algérie est de 4,1 millions d'hectares, soit un taux de boisement de 16,4% pour le Nord de l'Algérie et de 1,7% seulement si les régions sahariennes sont également prises en considération. Néanmoins, seuls 1,3 millions d'hectares représentent la vraie forêt naturelle dominée par le pin d'Alep par ses peuplements répartis sous forme de grands massifs sur l'ensemble de l'Algérie du Nord. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie, peuplant même les zones les plus hostiles en marge du Sahara et de la steppe (Bentouati, 2006).

Il forme des forêts importantes dont les valeurs écologiques sont variables (Quezel, 1986).

Comme toute forêt du bassin méditerranéen, la pinède algérienne notamment celle des Aurès, a subi depuis des siècles et continue à subir sans cesse d'intenses pressions humaines (défrichements, coupes illicites, incendies, pâturages) causant ainsi la déforestation et la régression du couvert végétal. A cela s'ajoutent ces dernières années les sécheresses successives et prolongées qui sont à l'origine du dessèchement et du dépérissement des arbres sur pieds.

Le massif forestier de Béni Oudjana constitue l'une des principales forêts naturelles de pin d'Alep des zones semi-arides à arides des Aurès et de l'Atlas saharien algérien.

Face à la désertification qui menace les terres du Nord de l'Algérie, ce massif forestier représente la dernière barrière naturelle contre la menace de l'avancée du désert. Il constitue l'un des sites où la diversité biologique et écologique est extrêmement riche. Les peuplements de pin d'Alep qui composent ce massif sont constitués en majorité de vieilles futaies dépassant parfois largement l'âge d'exploitabilité (Guit, 2015).

Dans une perspective de préserver ce patrimoine forestier et de mettre le point sur les facteurs de dégradation, la présente étude s'est inscrite dans l'objectif à étudier l'effet des facteurs environnementaux sur la croissance du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt des Béni Oudjana, wilaya de Khenchela.

INTRODUCTION

Pour ce faire, le document est jugé être scindé en quatre chapitres :

Un chapitre sur la Synthèse des données sur le pin d'Alep, suivi d'un chapitre sur la Présentation de la zone d'étude, ensuite un chapitre sur la méthode d'étude et les matériels utilisés, puis présentation des résultats atteints et leur interprétation et on finit par une Conclusion.

CHAPITRE I

SYNTHESE DES DONNEES

SUR LE PIN D'ALEP

Chapitre I : Synthèse des données sur le pin d'Alep

1.1. Taxinomie

Pinus halepensis Mill., nom scientifique donné par Philip Miller en 1768 puis Duhamel a ensuite décrit le pin d'Alep sous le nom de *Pinus hierosolimitana* en 1755 (Nahal, 1962).

Selon (NAHAL, 1962 ; in ATHMANI et MASMOUDI, 2008), le Pin d'Alep " *Pinus halepensis* Mill " est l'essence caractéristique de l'étage bioclimatique méditerranéen semi-aride. Il appartient à la famille des pinacées (Abiétacées), genre *Pinus*, sous genre *Pinus* (*Eupinus*), section *Halepensoïdes*, et sous-groupe *halepensis*. Sa classification est la Suivante (Ozenda, 2006) :

Tableau 01 : la classification du pin d'Alep solen la morphologie et la phylogénie.

	Morphologique (Maire, 1952)	APGII (Dobignard et Chatelain, 2012)
Règne	Plantae	Plantae
Embranchement	Spermatophytes	Spermatophyte
Sous embranchement	Gymnospermes	Gymnosperme
Classe	Pinopsida	Gymnosperme
Ordre	Pinales	Pinales
Famille	Pinacées	Pinaceae
Genre	<i>Pinus</i>	Pinaceae
Espèce	<i>Halepensis</i> Mill	<i>Halepensis</i> Mill.

Noms communs :

Français : Pin blanc, Pin d'Alep, Pin de Jérusalem ;

Arabe : Sanawbar el halabi;

Espagnol : Pi blanc, Pi bord, Pincarrasco, Pinoblanquillo ;

Italien : Pino di Aleppo ;

Berbère: Thaydha.

1.2. Caractéristiques botaniques :

C'est un arbre forestier toujours vert vivace résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées (**BEKER et al.,1982 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016**).

L'écorce des arbres jeunes est lisse et d'un gris argenté ; chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçuré en écailles minces, larges et aplaties de couleur rougeâtre. (**Nahal, 1962**).



Figure 01 : l'écorce de pin d'Alep (Cliché personnel, 2021) .

Les Rameaux sont vert clair, puis gris clair, assez fins (**Figure n°05**). 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 (**KADIK, 1987 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016**).

Bourgeons cylindro-coniques ,7-8 mm, non résineux (**Maire, 1952**)

Aiguilles très fines (< 1 mm) ; mesurent 5 à 10 cm de long ; réunies par deux, rarement par trois dans une gaine ; groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux ; de couleur verte jaunâtre. (**Nahal, 1962**), Ces pseudophylles sont persistantes (**Maire ,1952**).



Figure 02 : Les feuilles du pin d'Alep.

Les cônes mâles de 6 à 7 cm rassemblant à des chatons dressés, produisent une grande quantité de pollen jaune orangé dispersé par le vent (Nahal ,1986).



Figure 03 : les chatons males de pin.

Les cônes femelles ligneux ovoïdes coniques à écailles dures, pédonculés, isolés ou par paires, Ils mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le cône doit avoir subi de forte chaleur qui détruit les joints de résine entre les écailles pour pouvoir s'ouvrir.

Ce dernier renferme **des graines** mates de 7 mm de taille (Bellahouel, 2012), brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (Kadik, 1987). Munie d'une aile allongée 4 fois plus longue qu'elle, qui facilite leur dissémination rapide (Nahal, 1962).

Le bois : Utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet (Figure 04).

C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux (VENET, 1986 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 04 : les cônes femelles de pin.

Les graines : L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, appelée « Zgougou », (Figure n°05) Destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie (BOUTCHICH et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 05 : les graines de pin.

La résine : L'arbre de pin d'Alep peu produire également de la résine grâce à une opération appelée Gemmage. Cette opération consiste à « blesser » le tronc de l'arbre de pin d'Alep pour que ce dernier envoie de la résine afin de cicatriser cette blessure (VENET, 1986).

1.3. Aire de répartition

1.3.1. Dans le monde

Pinus halepensis se trouve à l'état spontané autour du bassin méditerranéen, sauf en Egypte. Il est très répandu en Afrique du Nord surtout en Algérie, Maroc et Tunisie où il constitue les massifs les plus importants (Nahal, 1986), où elle trouve son optimum de croissance et développement. Ses forêts occupent plus de 2.5 millions d'hectares (Quézel, 2000) réparties dans certains pays situés sur le pourtour de la méditerranée (Figure 06).

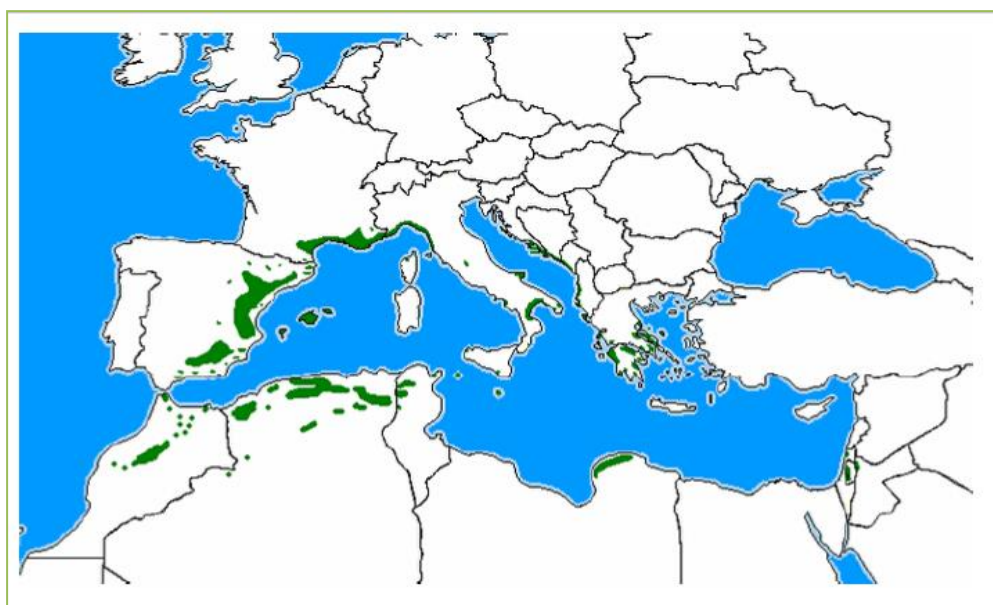


Figure 06 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* Mill dans le monde (Quézel, 1980).

En France, les peuplements occupent 36.000 à 232.000 ha en un siècle (Brochiero et al., 1999) (surtout en Provence et peu à l'Ouest du Rhone) En Corse, sa spontanéité est douteuse (Région de Saint Florent) (Kadik, 1987).

En Espagne, il constitue 15 % de la superficie boisée (surtout sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et Murcie). Aux îles Baléares, il monte jusqu'à 1.200 m d'altitude (Kadik, 1987).

En Italie, le pin d'Alep couvre environ 20.000 ha et reste à proximité des côtes (Pardé, 1957 et Haffane, 1982) (massifs dans la province de Tarente et quelques localités en Sardaigne et en Sicile).

Il est représenté peu en Yougoslavie, en Grèce, en Turquie, par des peuplements relativement importants en Palestine et en Jordanie (Quézel et Barbero, 1992) et quelques boisements en Syrie et au Liban (Kadik, 1987).

En Lybie, il existe dans quelques localités en Cyrénaïque littoral ; en Tunisie, il occupe 370.000 ha (Ammari *et al.*, 2001) surtout sur les Monts de la dorsale tunisienne (Souleres, 1969) et au Maroc 65.000 ha dans le Rif, le moyen et le haut Atlas (Ammari *et al.*, 2001).

Au Maroc, le pin d'Alep est rare (Emberger, 1939). Il constitue toutefois quelques peuplements généralement isolés sur le pourtour des grands massifs montagneux et en particulier du Rif où il est relativement fréquent, sur le versant méditerranéen du Moyen-Atlas (régions d'Azrou, Ahermoumou et versant moulouyen des hautes chaînes orientales), et aussi du Haut Atlas où il est assez répandu dans les vallées internes du versant septentrional jusqu'au sud-ouest de Marrakech. Il existe encore en quelques colonies isolées sur le versant saharien de la chaîne. Il forme enfin quelques peuplements dans le Maroc Oriental et en particulier sur les monts de Debdou (Tableau 02).

Tableau 02 : Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde.

Pays	Superficie (ha)	Sources
Algérie	800 000	(MEZALI , 2003)
Maroc	65 000	(BAKHIYI ,2000 ;in BENTOUATI, 2006)
Tunisie	170 000 à 370 000	(CHAKROUN ,1986)
France	202 000	(COUHERT et DUPLAT ,1993)
Espagne	1 046 978	(MONTERO,2000;in BENTOUATI, 2006)
Italie	20 000	(SEIGUE ,1985)

1.3.2. En Algérie :

D'après ZENZEN (2016), le pin d'Alep est fréquent surtout sur les massifs du tell littoral et l'Atlas saharien, Il s'étend à lui seul sur près de 850.000 ha, il occupe 37% de la surface effectivement boisée de l'Algérie (**Figure 07**).

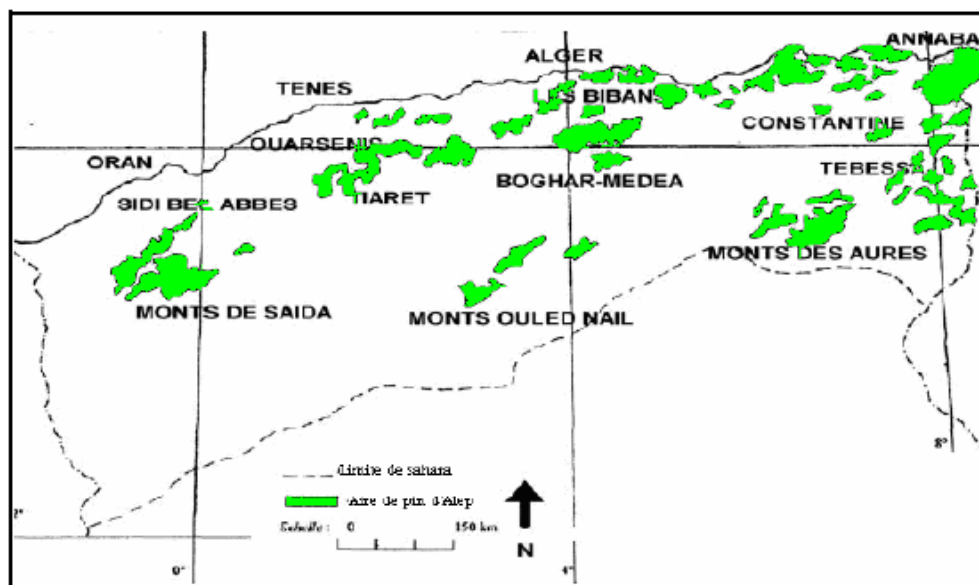


Figure 07 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* Mill en Algérie (Seigue, 1985)..

Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (Guit, 2015), Où il localisés principalement dans les régions suivantes :

- La région de Tébessa, les plateaux constantinois et les Aurès.
- La région de l'Atlas tellien (les forêts de Médéa, Monts des Bibans).
- Les forêts de monts de Saida, de mascara, de Sidi Bel-Abbès et de Telagh.
- L'atlas saharien ; la région de Djelfa (mont d'Oulad Nail).

1.4. Exigences écologiques de l'espèce

1.4.1. Exigences climatiques

Le pin d'Alep se rencontre dans les étages bioclimatiques méditerranéens : arides supérieurs, semi-arides, subhumides et humides, il reste néanmoins une essence de l'étage semi-aride (Nahal, 1986). C'est une espèce héliophile (supportant de forts éclaircissements) et Xérophile (supportant de longues périodes de sécheresse) ; elle se développe à des températures moyennes annuelles de 11 à 19 °C, mais elle peut supporter exceptionnellement des températures de -15 à -18 °C de courte durée (Nahal, 1962).

Il exige des précipitations annuelles de 350 à 700 mm ou 200 à 1500 mm (Quézel, 1986).

1.4.2. Exigences édaphiques

Le pin d'Alep se développe les substrats marneux, calcaires et calcaro-marneux (Quézel et Barbero, 1992) mais également sur les schistes et les micaschistes (sur littoral Algérois) mais

jamais sur les granites ou les gneiss. Il tolère très mal les sols sablonneux et pas du tout les nappes aquifères permanentes qui asphyxient son système racinaire (Quézel, 1986).

1.5. Phénologie de l'espèce

La croissance en hauteur de la pousse terminale du pin d'Alep se fait en deux temps :

En automne, il développe un bourgeon terminal qui donnera naissance ensuite au printemps suivant à une pousse terminale (Serre, 1976 a et b ; Nicault *et al.*, 2001).

Les cônes du pin d'Alep murissent au cours de la deuxième année et leurs graines sont libérées au cours de la troisième année (Nahal, 1962 ; Francelet, 1970). Suite à de fortes chaleurs, les écailles du cône s'ouvrent et les graines sont naturellement disséminées entre fin Août et fin Octobre (Francelet, 1970). Elles germent à la fin de l'automne ou au début du Printemps (Calamassi *et al.*, 1984).

Le pin d'Alep fructifie à l'âge de 10-12 ans, mais ses graines sont aptes à germer qu'à l'âge de 18 à 20 ans (Nahal, 1962).

1.6. Facteur de croissance de pin d'Alep

La croissance du pin d'Alep en relation avec les facteurs du milieu :

- *sur les macro-facteurs :*

Dans la zone d'étude, la pluviométrie et la température sont tous deux corrélés, mais en sens inverse, avec l'accroissement d'altitude sur les reliefs et la continentalité.

L'influence favorable d'un surplus de pluie est donc compensée généralement par une baisse défavorable des températures et vice-versa. Cela explique en partie que les analyses ne révèlent aucun facteur climatique de façon significative. Toutefois, il apparaît que les altitudes supérieures à 600 mètres, à l'intérieur des grands massifs (Sainte Baume, Sainte Victoire, Luberon...) sont limitantes pour le développement du pin d'Alep (Tableau 03).

Nota : en grisé, sont figurés les facteurs du milieu les plus explicatifs de la croissance du pin d'Alep : neige lourde, vent violent fréquent, température minimale très basse, nombre de mois froids importants, température moyenne annuelle $< 11^{\circ}\text{C}$. Cette tendance s'exprime à travers plusieurs facteurs qui sont liés à ces grands massifs induisant des températures fraîches : la distance à la mer, les petites régions naturelles correspondant au Luberon, les types thermiques du Cemagref. La fertilité moyenne est meilleure en basse Provence qu'en arrière-pays, ce qui va dans le même sens. La continentalité apparaît ici comme globalement défavorable.

Tab03 : Facteurs du milieu explicatifs de la croissance du pin d'Alep (D'après analyses de variances). (Brochiero Fet al,1999).

Variables abiotiques Classes	Défavorable IV et III	Intermédiaire III et II	Favorable II et I
Type thermique Cemagref	frais		doux et chaud
T°C moyenne annuelle	< 11°C		> 11°C
Pluviométrie annuelle	> 950 mm	650 à 950 mm	< 650 mm
Distance à la mer OSO	> 60 km		< 60 km
Topographie générale	haut de pente, sommets, croupe	plateau, mi-pente, bas de pente, plaine	vallée, vallon
Epaisseur de la colluvion	< 20 cm	20 à 50 cm	> 50 cm
Facteurs anthropiques	absence	faible (épierrage)	fort (restanques)
Affleurements rocheux	> 10%	0 à 10%	absence
Pente	> 27°	11 à 27°	< 11°
Topographie transversale	convexe	intermédiaire	concave
Formation superficielle	Roche-mère	altérite, éboulis	colluvion
Charge en cailloux	> 60%	30 à 60%	0 à 30%
Texture	sols sableux	tendance marquée d'une texture	sols équilibrés (LSA)
Test tarière moyen	< 20 cm	20 à 55 cm	> 55 cm
IKR (Indice de rayonnement)	très chaud, très frais	frais et chaud	intermédiaire

- sur les méso-facteurs :

Au niveau de l'unité écologique, la topographie générale est déterminante pour la croissance du pin d'Alep. Dans les vallées, vallons, plaines et plateaux, le pin d'Alep présente une croissance en hauteur élevée, tandis que les hauts de pente sont beaucoup moins favorables. La nature de la roche, et sa réaction à l'acide chlorhydrique (présence de calcaire actif) ne sont pas primordiales. Cependant, les roches à altérite sableuse (dolomie, grès, calcarénite, ...) paraissent moins favorables, que les conglomérats, calcaire pseudobréchique et calcaire dur.

- sur les facteurs stationnels :

De nombreux facteurs stationnels ont une liaison significative avec la croissance en hauteur du pin d'Alep. Ils concourent tous au **bilan hydrique stationnel**, qui s'avère une fois de plus **déterminant**, comme dans toutes les études antérieures menées en région méditerranéenne.

Un bilan hydrique élevé est synonyme de bonne fertilité.

La croissance du pin d'Alep apparaît meilleure pour les expositions intermédiaires, plus faible pour les expositions très chaudes. Les sols à texture (Brochiero Fet al,1999).

1.7. Intérêt économique de l'espèce

Ecologiquement, *Pinus halepensis* est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Il est utilisé généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés (Maestre et Cortina, 2004), cas de la « ceinture verte » dans le Sud de l'Algérie, où un (01) million de hectares ont été plantés de pins d'Alep, il y a plus de 20 ans (Lahouati, 2000).

Le pin d'Alep donne environ 3 Kg de résine (la gemme) par arbre et par an (Parajoannou, 1954 in Kadik, 1987). La gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80% de cellophane, elle a aussi des usages médicaux (Kadik, 1987).

Ses bourgeons très résineux, sont utilisés comme balsamiques et diurétique (sirops et pastilles). On extrait à partir du bois aussi par distillation du goudron de Norvège, à propriétés balsamiques et antiseptiques.

Les graines de pin sont comestibles et utilisées en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangées crues en cassant leur coque.

Le pin d'Alep considéré comme l'espèce la plus utilisée pour le reboisement en Algérie (FETATI, 1996). Le bois de Pin d'Alep peut être utilisé, après élimination de la résine, pour la fabrication de la pâte à papier (NAHAL, 1962 ; in SOLTANI, 2016).

Le pin d'Alep a un bois blanc, au cœur et couleur fauve clair (roux clair) et de qualité médiocre.

Dans l'antiquité, les grecs lui vouaient un culte et il recherché pour la construction navale (DUCHENE, 2003). Actuellement, il est utilisé pour la confection de caisses et des charpentes, c'est aussi un bon bois de chauffage. Il était utilisé par les scieurs pour faire de la palette et de l'emballage (où la production fruitière est importante) et notamment des carrelets, pièces d'assemblage de cageots utilisant largement du bois déroulé (BEDEL, 1986).

Le bois de pin d'Alep, même s'il n'est pas de qualité exceptionnelle, est cependant apte à des emplois plus nobles et donc plus rémunérateurs que ceux qu'il connaît actuellement. En particulier, l'emballage léger pourrait constituer un secteur moteur pour les gros volumes de sciage (SOLTANI, 2016).

1.8. Les facteurs dégradations et de menace de pin D'Alep

1.8.1. Les facteurs naturels et anthropiques:

Le pin d'Alep est une essence très sensible aux agents cryptogamique, aux insectes parasites et aux insectes.

a. Les champignons :

Le champ du pin d'Alep est fragile à l'attaque par les champignons qui provoquent des altérations très graves (Boudy, 1950). Parmi ses champignons, on cite :

- Trametes pini : provoque l'altération grave au bois.
- Polyporus officinalis : Provoque la pourriture du tronc.
- Phodermium penastris : provoque le rouge des aiguilles
- Melonpsora pinitraqua : provoque la destruction du tronc.
- Coronartum flaccidum : provoque la rouille de l'écorce.

b. Les insectes :

Les dangers causés par les insectes sont très graves surtout dans les jeunes plantes entraînant souvent la mort des arbres. Ce cas est très répandu en Algérie. Parmi ces insectes on peut citer :

-*Thaumetopoa pityocampa* ou chenille processionnaire du pin. Elle entraîne des dommages sur les feuilles, les rameaux et les bourgeons.

-*Blastophages piniperda* Lim, insecte xylophage selon (Otmani, 1955). Cet insecte est un ravageur polyphage qui s'attaque aux déférents résineux.

-*Leucas pispinihart*, insecte provoquant le jaunissement des aiguilles.

-*Urocerus gigas*, un insecte xylophage qui creuse des galeries dans le bois (Perrin, 1985).

c. Les Incendies :

Le feu est le plus grand ennemi du pin d'Alep. Ce dernier ne résiste pas à plusieurs incendies et la régénération est fortement affectée (Perrin, 1985).

Malgré la sensibilité de ses peuplements au feu due à la nature du bois imprégné de résine, l'écorce et les cônes s'éclatent au loin et provoquent la propagation des feux en multipliant leur nombre de foyer. Il faut reconnaître que c'est la seule essence arborescente susceptible de reconstituer en peu de temps un couvert forestière dans les milieux les plus défavorables ou fortement dégradés des zones méditerranéennes (Brochiero et al., 1999).

CHAPITRE II
PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1. Contexte juridique et historique

La zone d'étude est constituée d'une partie de la forêt domaniale des Beni Oudjana qui couvre une superficie juridique totale de 43 824 Ha (BNEDER, 2010).

Juridiquement, la zone d'étude est localisée dans la forêt domaniale des Béni Oudjana gérée par la circonscription des forêts de Kais, réparties sur quatre communes forestières de Bouhmama, Chélia Yabous et de Taouzient.

Historiquement, la dégradation des Aurès est liée à son histoire, son satellite fidèle. Depuis la nuit des temps, les Aurès ont constitué par leur position stratégique, un bastion de résistance. Les civilisations antérieures à l'ère chrétienne ont largement malmené en Afrique du Nord les forêts, la dégradation s'est poursuivie en progression continue avec les invasions qui réussirent à laisser des conséquences catastrophiques sur les espaces forestiers (Injulien 1951).

Toutefois, la stagnation relative des populations jointe à l'installation progressive d'un mode de gestion de l'espace boisé, comme l'a montré Kunhaltz (1949) in (BNEDER, 2010) sur un partage rationnel de l'espace entre les cultures (ager céréalier surtout en Afrique du Nord), les pâturages et la forêt a largement contribué à assurer une certaine stabilité dans les paysages fondamentaux méditerranéens, stabilité qui a duré jusque vers le milieu du XIX^{ème} siècle.

A cette époque, toutefois environ la moitié des forêts potentielles auraient été détruites (Quezel, 1976).

Ce n'est que durant la colonisation Française que les exploitations régulières ont commencé sans aucune doctrine sylvicole. Les premières exploitations ont eu lieu à partir de 1908, 100 000 m³ de bois d'œuvre ont été retirés des Beni Oudjana dans la cédraie. Pour la période 1910 – 1940, il n'existe pas de données, toutefois on a retiré de grandes quantités de bois.

Ce fut ensuite les exploitations de guerre pour faire face aux besoins de combustibles que de grandes superficies ont été parcourues de manière intensive, intégrées dans l'économie de guerre. C'est ainsi que les plus beaux peuplements de Chêne vert ont été anéantis (in P. Boudy). Pendant la guerre de libération 1954 – 1962, il n'y a pas eu d'exploitation. Les Aurès étaient considérés comme le bastion de la révolution, de ce fait c'était une « zone interdite ».

Les interventions sylvicoles « éducation des peuplements » n'ont jamais été réalisées après les exploitations régulières. Les formations végétales sont restées à l'état de « taillis primaires » pour la Chêne vert.

Après l'indépendance, le retour des populations rurales à l'intérieur et à la périphérie du massif coïncidait avec la reprise des activités agricoles, essentiellement centrées sur la céréaliculture marginale de subsistance et sur l'élevage extensif.

2.2. Contexte écologique :

Le massif des Béni Oudjana constitue la première chaîne montagneuse de l'imposant massif des Aurès dans la partie orientale. Sa position septentrionale lui confère un statut privilégié des conditions écologiques malgré que certains secteurs apparaissent dégradés.

Ainsi l'état actuel du massif des Béni Oudjana est le résultat de la superposition, de la succession et de la répétition au cours du temps de diverses formes d'atteinte sur le milieu forestier originellement très homogène. Les Interventions conjuguées des facteurs de dégradation dont l'effet fait d'évolution a pour conséquence une évolution régressive de la forêt (notamment le secteur Sud et la façade Nord du massif).

Au plan régional des Aurès, on admet l'originalité d'une végétation, et plus précisément d'une forêt de type « méditerranéen continental ». Elle est caractérisée essentiellement et très schématiquement par une adaptation à un climat sec en été et relativement humide en saison froide.

Au plan local, par contre si une certaine originalité est en général reconnue Par rapport aux forêts plus septentrionales, ce n'est que maintenant que l'on admet que les contraintes de la « continentalité méditerranéenne » impliquaient sans doute une approche et des techniques, en un mot une « gestion originale » donc patrimoniale.

Ces contraintes sont de deux ordres (toujours très schématiquement) :

- d'une part les contraintes directes du milieu physique : climat – relief – sol ;
- d'autre part des contraintes induites du milieu vivant : diversité floristique, contraintes humaines (socio-économiques).

2.3. Conditions climatiques :

Dans les zones arides et semi arides les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans l'évolution des processus désertiques (HAUREAU.1993), Le climat algérien est un climat de transition. Il varie de type méditerranéen dans le nord au type désertique dans le Sahara.

2.3.1. Étude des paramètres climatiques

a. Précipitations

La pluviométrie est définie selon Djebaili (1984), comme le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat. L'origine des pluies en Algérie est orographique (SELTZER, 1946), en plus divers facteurs qui déterminent les zones de précipitations en en Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition par rapport à la mer et la direction des vents dominants porteurs d'humidité (DELANNY et al 1980, LABORDE 2003) in (MEDDOUR 2010).

Tableau 05 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm enregistrées dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018) (Station El-Hamma, 2020).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Précipitation	37,0	35,3	47,3	32	40	29,3	11,5	26,1	32,4	31	34,0	45,9	401,8

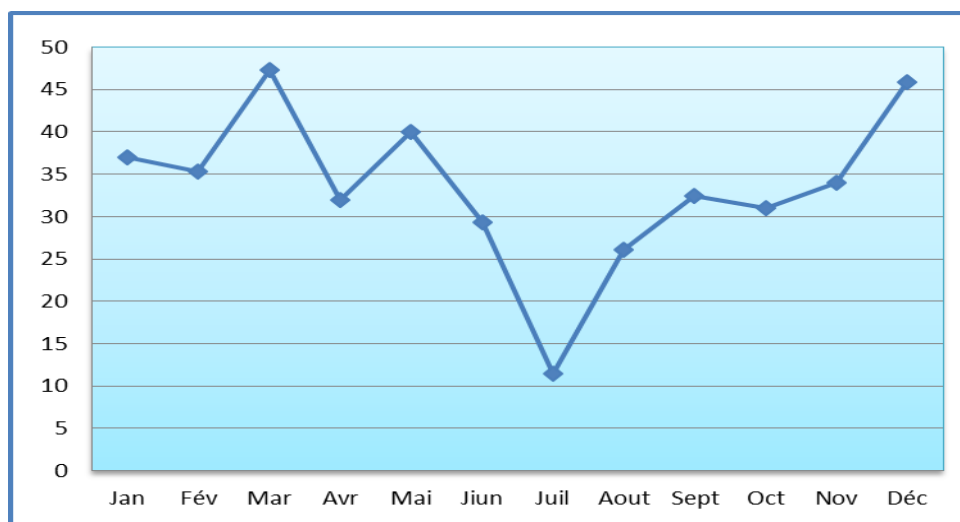


Figure 08. Évolution mensuelle des précipitations en mm dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018)

b. Températures

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. La température est l'un des éléments importants pour la caractérisation du climat (Ramade, 1984). En effet la température joue un rôle important dans la répartition des êtres vivant, leurs aires de répartitions sont souvent déterminées par ce paramètre qu'est considéré comme facteur limitant (Dajoz, 1985).

Etant donnée la rareté des relevés thermiques notamment dans la région étudiée et même si elles existent, elles présentent soit des anomalies soit des lacunes, on se concentre sur les données de températures récentes enregistrées d'une façon continue dans la station d'El-Hamma (1995-2018).

Tableau 06. Moyennes mensuelles des températures maximales (M) et minimales (m) relevées dans la station d'El-Hamma (Période 1995-2018) Station El-Hamma, 2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
M	13,28	12,96	15,46	20,66	26,04	30,56	34,64	33,98	28,42	23,38	17,06	11,02
m	2,1	2,8	4,64	7,84	11,76	15,86	18,74	18,78	15,6	11,82	6,94	4,38
T° moy	7,69	7,88	10,05	14,25	18,9	23,21	26,69	26,38	22,01	17,6	12	7,7

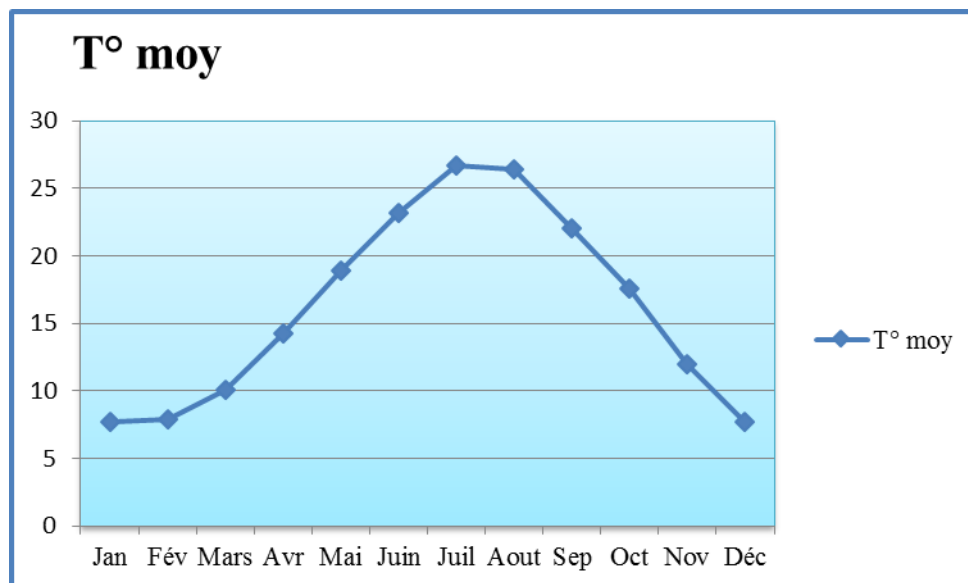


Figure 09 : Evolution des températures Moyennes mensuelles durant la période 1995-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)

L'analyse de la figure 09 fait ressortir clairement la tendance de la station d'El Hamma vers la fraîcheur. L'accroissement des températures minimales au printemps de 4,64°C (mars) à 11,76°C (mai) indique que les végétaux sont placés rapidement dans des conditions thermiques favorables à leur développement.

c. Vent

Les vents sont en liaison étroite avec la pression atmosphérique, ils influent la température, l'humidité et l'activité d'évapotranspiration. Dans notre région d'étude, selon leurs origines ; les vents jouent deux rôles opposés :

-les vents du sud (Sirocco) chauds et secs, ont des effets néfastes qui se font sentir surtout en été .Il peut souffler pendant 20 jours durant le mois de juillet.

Selon (Boudy, 1955), le considère comme étant le facteur le plus dangereux pour la régénération de toutes les espèces végétales essentiellement les espèces vulnérables et menacées tel que le cèdre de l'Atlas. Les vents nord-ouest pluvieux et relativement froids qui sont très bénéfiques.

Tableau 07 : La vitesse de vent maximum (m/s) durant la période 1995-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)

Mois	jan	fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	sep	oct	Nov	Déc
vitesse (m/s)	19,62	19,21	21,03	22,97	22,03	22,05	21,94	20,91	21,42	20,34	22,98	20,44

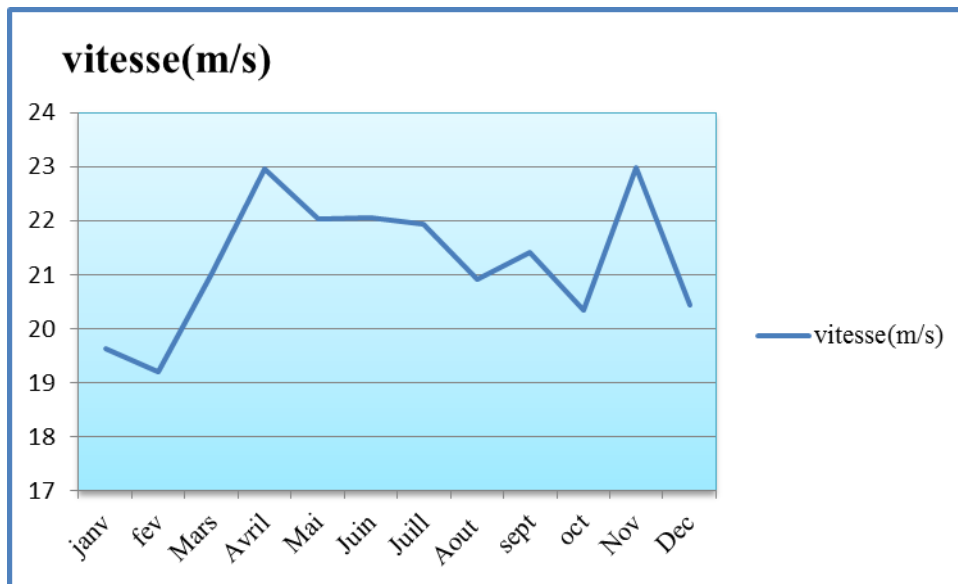


Figure 10 : Courbe de la vitesse maximum (m/s) de vent durant la période 1997-2018 (Station météo El-Hamma, 2020)

Le tableau 7 montre que la vitesse minimale de vent est de 19.21m/s en mois de février et maximale 22.98 m/s en mois de novembre.

2.3.2. Diagramme ombrothermique de gaussen

Ce diagramme est une méthode graphique où sont portés en abscisses les mois, en ordonnées gauche les précipitations (P) et à droite les températures (T) à une échelle double de celle des Précipitations. L'interaction des deux courbes (P et T) définit la saison sèche ($P < 2T$). Selon le diagramme on constate qu'il existe une période humide s'étalant sur une période de 6 mois ; du mois de janvier au moins de décembre, et une période sèche allant du mois de mi-mai au mois de mi-octobre

$$QS=3.43 (P/M-m)$$

Avec une période sèche du mois de mi-mai au mois de mi-octobre ; caractérisé par un manque de pluie considérable avec une chaleur excessive.

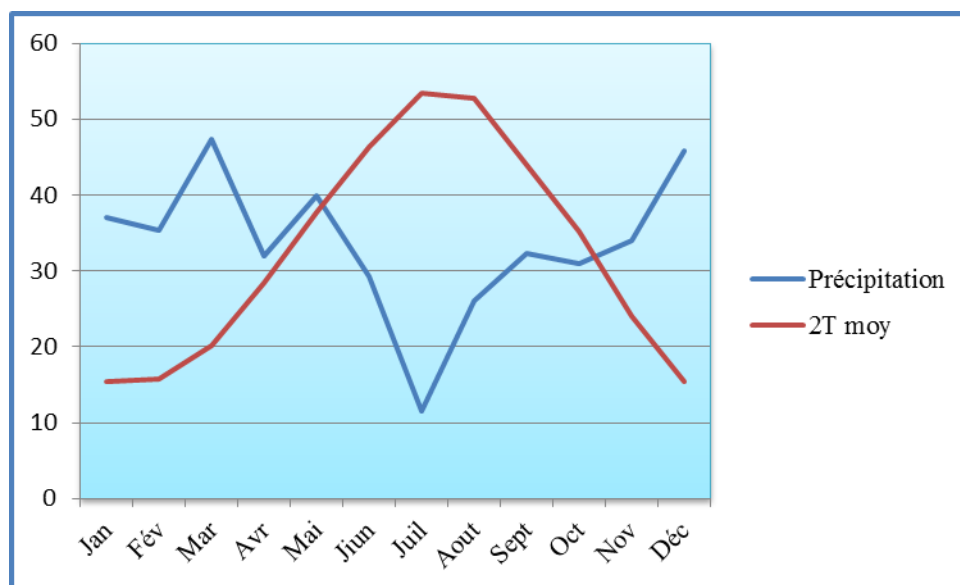


Figure 11. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Station d'El-Hamma, 1997-2020)

2.3.3. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q) spécifique au climat méditerranéen permet de situer l'étage bioclimatique de la zone d'étude. C'est le rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles.

Il est donné par la formule suivante :

$$Q=3.43P/M-m, \text{ avec :}$$

P : Précipitation moyenne annuelle

M : Température maximale du mois le plus chaud

M : Température minimale du mois le plus froid

la valeur obtenu pour Q est de, et permet de classer la région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

2.3.4. Synthèse climatique

La forêt objet de notre étude est constituée de deux (02) blocs bien individualisés : un bloc au Nord- Ouest et un autre bloc au Sud- Est. Il s'agit de deux secteurs écologiquement différents, celui du Nord- Ouest avec un bioclimat semi- aride supérieur à subhumide frais organisé par des formations forestières à base de cèdre, pin d'Alep, chêne- vert et subsidiairement du chêne zeen, quant à celui du Sud- Est, il relève du bioclimat aride supérieur frais constitué de formations pré steppiques à pin d'Alep et steppiques à Alfa.

La contrainte la plus connue du climat méditerranéen est celle de la sécheresse estivale qui dure plus de cinq (05) mois dans la zone d'étude : il ne pleut plus quand la végétation a le plus besoin d'eau ! (Stress hydrique très marqué). C'est important mais ce n'est pas tout. Ce qui est moins connu c'est la grande variabilité de cette pluviosité tant annuelle que mensuelle (oscillations, années sèches, année pluvieuses) ; c'est aussi la fréquente limpidité de l'atmosphère qui amène d'une part une insolation très brutale le jour, d'autre part un rayonnement intense la nuit occasionnant des écarts de températures extrêmes avec des gelées blanches. C'est enfin, l'existence dans presque toute la région des Aurès de violents vents desséchants chauds en été (siroco) et parfois très froids (vents du Nord-Ouest et Nord-Est) qui accentuent encore davantage le déficit hydrique général en y ajoutant l'effet limitant de très basses températures hivernales.

Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition par rapport à la mer et la direction des vents dominants porteurs d'humidité (DELANNY et al 1980, LABORDE 2003) in (MEDDOUR 2010). Les facteurs topographiques cités ci-dessus, ont conduit à une irrégularité dans les précipitations à travers toute la région, à une augmentation des pluies en altitude et une diminution de leur taux du Nord vers le Sud (HALIMI, 1981).

2.4. Contraintes topographiques et édaphiques (relief et sol) :

Compte tenu de ces contraintes climatiques, l'agriculture vieille de plusieurs millénaires a occupé tous les terrains plats, les zones alluviales aux sols profonds et bien alimentés en eau (nappes phréatiques).

L'élevage plus ou moins extensif a encore occupé les « terrains possibles », et « la forêt a dû se cantonner sur le reste » ; c'est-à-dire en général sur les pentes, les sols

superficiels sans réserve hydrique. Aussi, serons-nous dans une région montagneuse où le système orographique est très marqué, jalonné par plusieurs sommets ; celui de Ras Keltoum (point culminant de l'Algérie orientale – hors zone) mais également ceux de : Ras fourhal, Ifersène, Boudjezza, Tkhizrant, etc... Les formations dominantes de calcaire viendront encore compliquer les problèmes d'alimentation en eau (débits faibles), et donnant ainsi des sols très carbonatés et superficiels.

L'action de tous ces facteurs physiques (climat – sol) semble soumise à un effet de seuil : au dessous d'une certaine valeur et dans le contexte Sud des Beni Oudjana, cette valeur dépassée, c'est la catastrophe ! C'est l'irréversibilité qui est parfois bien visible et illustrée dans certains secteurs du massif. Les irrégularités du climat en particulier et leurs caractères agressifs amènent souvent le forestier à remettre en question des faits qui paraissent pourtant établis depuis plusieurs décennies.

2.5. Diversité floristique :

La diversité de ces conditions écologiques et leurs divers seuils auxquels s'ajoutent l'action de l'homme et de ses animaux domestiques ont amené la flore forestière dans toute sa densité physiologique à s'adapter à la moindre « niche écologique », et à présenter à l'observateur attentif une grande perturbation du milieu forestier aussi bien au Nord qu'au Sud du massif qui originellement renfermait une grande richesse (diversité biologique). Ceci doit amener le forestier à se méfier beaucoup plus d'ailleurs, à des artificialisations du milieu forestier pour assurer la gestion convenable de sa forêt. Bref, comment assurer la conservation des ressources naturelles avec plus de pertinence et la multitude des problèmes qui se posent sur le terrain.

Une connaissance précise des exigences écologiques, de la plus ou moins grande souplesse d'adaptation, des seuils acceptables par les différentes espèces présentes (Cèdre, Chêne zeen, Chêne vert, Pin d'Alep) et même la différentes races ou provenances des espèces forestières à introduire nous paraît un point fondamental. Ainsi dans la querelle actuelle : feuillus ou résineux ? doit se poser la question de façon encore plus aigüe, la question de l'adaptation plus ou moins grande de l'essence envisagée au milieu qui doit remplacer (cas de l'irréversibilité) et/ou participer à la reconquête du milieu dégradé, anciennement occupé par une espèce autochtone spontanée.

Pour synthétiser les informations obtenues sur la diversité floristique et sur les potentialités de conservation de la biodiversité existante, nous allons énoncer les principaux

groupements : ils ne transcrivent pas toutes les informations trouvées dans la littérature, mais au contraire se réfèrent surtout aux résultats obtenus lors des investigations de terrain :

- Groupement de Pin d'Alep à Chêne vert.
- Groupement de Cèdre à Chêne vert.
- Groupement de Chêne vert.
- Groupement de Chêne zeen, de Cèdre, de Pin d'Alep et de Chêne vert.
- Groupement de Pin d'Alep à Romarin et Globulaire (faciès de dégradation)
- Groupement de Pin d'Alep à Alfa (faciès de dégradation – steppisation).

2.6. Contexte socio-économique :

Ceci nous amène logiquement à parler des contraintes socio-économiques qui pèsent lourdement sur le massif forestier des Beni Oudjana : A quoi servent-elles ? Quelles fonctions ou quels usages lui assigne-t-on aujourd'hui ? Et demain dans dix ans, vingt ans, Quelles fonctions subsisteront, Quels nouveaux usages (peut-être encore tout à fait inconnus) seront apparus entre temps ?

Traditionnellement on classe ces fonctions ou usages, mais pas les « vocations » en trois catégories : production diverse, protection et récréation.

Faut-il des lois, établir un « zonage » des espaces forestiers qui seraient classés plus ou moins définitivement ? Cela éviterait sans doute bien des malentendus qui « empoisonnent » les relations entre forestiers et riverains de la forêt sur le problème « crucial et insoluble » du pâturage sur les parcours forestiers.

CHAPITRE III
MATERIELS ET METHODE

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODE

3.1. Objectif

Il s'agit d'étudier l'effet de certains facteurs environnementaux tels que l'altitude et l'exposition sur la croissance de *Pinus halepensis* Mill., notamment en hauteur et en diamètre dans la forêt des Béni Oudjana (wilaya de Khenchela).

3.2. Matériels utilisés

3.2.1. Matériel scientifique

Etant donné que notre étude s'oriente à mesurer des hauteurs et diamètres des arbres, l'altitude et l'exposition au niveau des stations implantées, nous avons fait appel aux instruments suivants (figure 12) :

- a)-Global positioning system (GPS), pour déterminer les coordonnées X, Y et Z des stations ;
- b)-Le dendromètre Blume-Liess, pour mesurer la hauteur totale des arbres ;
- c)-Le compas forestier, pour mesurer le diamètre à 1.30m de hauteur ($D_{1.30}$ m) ;
- d) -La boussole SUUNTO, pour déterminer l'exposition ;



A



B



C



D

Figure 12. Photos représentant le matériel scientifique de mesure utilisé sur terrain (A : GPS ; B : Blume liess et mire parlante ; C : Compas forestier ; D : Boussole)

3.2.1. Localisation des stations étudiées

Il s'agit des stations implantées dans les forêts des Béni Oudjana. Ces stations sont caractérisées par des données écologiques différentes (tableau 08) et (figure 13).

Tableau 08 : Caractérisations géographique et écologique des 09 stations de Pin d'Alep étudiées

Stations	Latitude	Longitude	Altitude	Pente	Exposition	Etage climatique
Tizi l'Asswak	35°27'05"	6°50'05"	1206	3 à 12%	Nord-Ouest	Semi Aride Froid
Si Hader	35° 27' 80"	64°91'72"	1149	0 à 3%	Nord-Est	Semi Aride Froid
Tassa	35°26'42"	64°82'26"	1193	3 à 12%	Nord-Ouest	Semi Aride Froid
Oulm	35°43'28"	68°26'05"	1260	0 à 3%	S-EST	Semi Aride Frais
Djoug aberkane	35°41'35"	67°13'58"	1405	3 à 12%	S-OUEST	Semi Aride sup
Tighrdam	35° 27' 80"	64°91'72"	1303	12 à 25%	Nord-Ouest	Semi Aride sup
Taksilt	35°41'51"	66°72'81"	1327	0 à 3%	Nord-Ouest	Semi Aride sup
Mahreb	35°42'17"	67°34'68"	1374	3 à 12%	S-EST	Semi Aride sup
Boualwane	35°43'17"	67°78'20"	1335	3 à 12%	S-OUEST	Semi Aride Froid

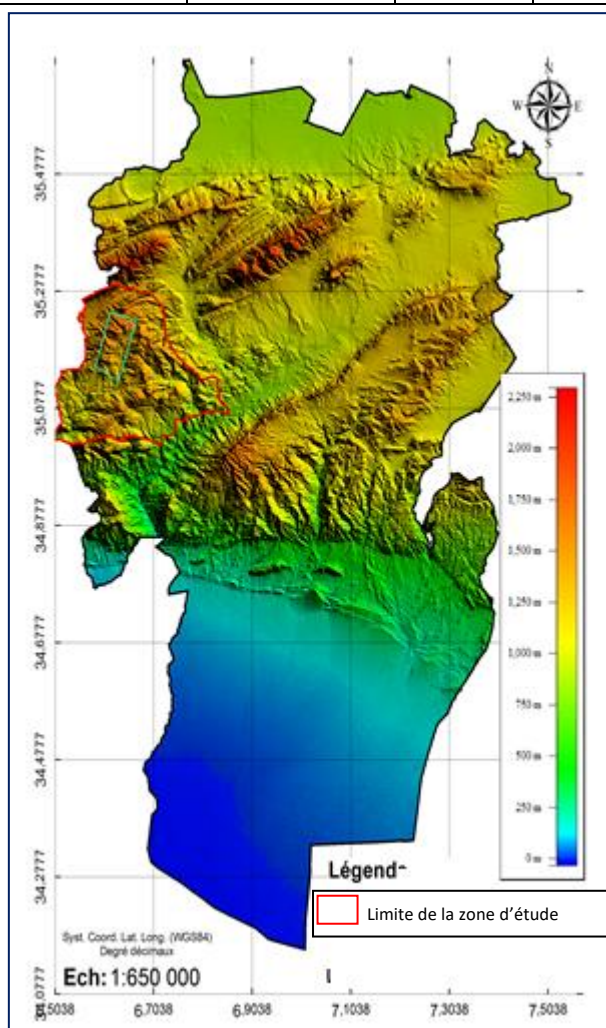


Figure 13 : Localisation de la zone d'étude dans la forêt de Béni Oudjana

3.3. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé sur l'ensemble de 09 placettes sur 03 séries. Selon (PARDE et al. 1988), trois types d'échantillonnage peuvent être distingués :

- * Echantillonnage strictement au hasard.
- * Echantillonnage stratifié.
- * Echantillonnage systématique.

3.3.1. Type d'échantillonnage choisi :

Dans notre cas, nous avons préconisé l'échantillonnage aléatoire de telle sorte qu'il soit représentatif par rapport à la forêt étudiée (Béni Oudjana), en implantant aléatoirement neuf (09) stations indiquées dans le tableau ci-dessus.

3.3.2. Choix des placettes d'échantillonnage

Selon (DUPLAT et PYROTTE, 1981), pour les peuplements forestiers de grande surface, on recherche le meilleur choix entre le nombre et la densité des placettes à installer pour minimiser la durée et le nombre des mesures pour une meilleure précision. Les placettes d'essai devaient présenter les caractéristiques suivantes :

- Homogénéité du peuplement sur toute la superficie de la placette.
- Absence de facteurs exceptionnels pouvant influencer la croissance du peuplement, tels que les bords de route clairière (LELEUX, 1984).
- On choisit l'arbre le plus facilement réparable sur terrain et on le prend comme centre de la placette.

3.3.3. Forme et taille des placettes échantillonnées

Il existe plusieurs formes géométriques utilisées pour les placettes expérimentales, parmi lesquelles on cite le cercle, le carré et le rectangle. (DUPLAT et PYROTTE, 1981) soulignent que la forme circulaire des placettes favorise la matérialisation sur terrain. Elle présente plusieurs avantages :

-Les placettes sont plus rapide à installer que les placettes rectangulaires tant que leur surface ne dépasse pas 0.1 ha dans les peuplements clairs, et 0.50 ha dans les peuplements denses (ALDER, 1980).

-Elles ont le court périmètre pour une surface donnée et ne présentent pas de direction privilégiée.

En règle générale, c'est le type de forêt, et la densité des essences qui commandent le choix de la taille des placettes d'essai (AMMARI, 1991).

Notre zone d'étude représente une forêt claire et pour cela on a installé des placettes circulaires

de 0.10 ha (rayon de 17.8m) pour englober tous les sujets homogènes de point de vue grandeur et âge.

3. 4. Matérialisation des placettes et mesures des paramètres environnementaux

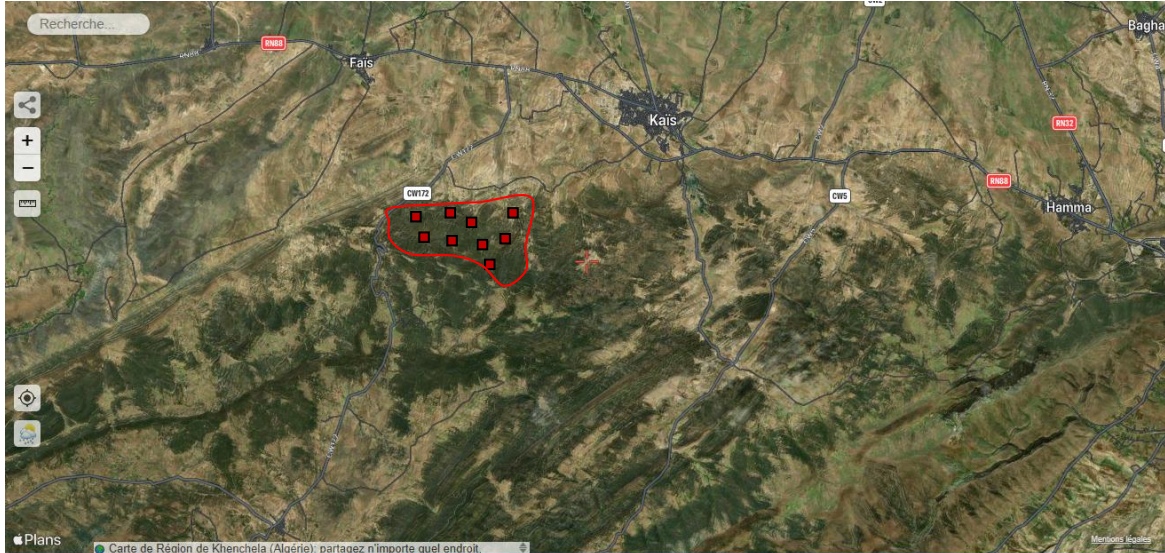


Figure 14 : carte satellite montrant la matérialisation des 9 placettes (travail personnel, 2020)

Les paramètres retenus pour chaque placette sont de type qualitatif et quantitatif :

Cordonnées : elles sont déterminées à partir de G.P.S.de marque Garmin

Exposition : Elle est obtenue par une lecture directe sur une boussole à main.

L'altitude : selon (M'MIRIT, 1982), c'est une variable déterminante en montagne, et intègre son propre effet microclimatique et celui de l'étagement de la végétation.

Elle est prélevée à l'aide d'une lecture directe sur G.P.S. La pente Elle est déterminée par le clisimètre.

La végétation : La végétation est représentée par plusieurs espèces telles que : le chêne vert, genévrier de Phénicie et l'alfa.

-Les placettes doivent être installées dans des peuplements homogènes avec plus de 75% de pin d'Alep et un taux de couverture qui dépasse 50%.

-Fixer par un piquet au centre de la placette, en identifiant les coordonnées GPS (X, Y, Z) ;



Figure 15 : Numérotage des arbres à mesurer

-Faire mesurer le rayon (19m) de placette à partir du centre et quantifier les 40 arbres situés à l'intérieur du cercle. Si le nombre est inférieur à 40, changer l'endroit ;

-Numéroter par la peinture les 40 arbres les plus proches du centre de la placette ;

-Mesurer, les diamètres à la base (0,30 m) et à 1,30 m de chaque arbre, sa distance par rapport au centre de la placette et son azimute dans le sens aiguilles de la montre (angle en degré ou en Grad) ;

-Mesurer la hauteur totale, la hauteur de fût (jusqu'aux premières branches vivantes) et les deux diamètres (D1 : de l'Est-Ouest et D2 : du



Figure 16 : Mesure des diamètres des arbres

Nord-Sud) du houppier des arbres 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 et 40.

-Repérer les 4 plus gros arbres de la placette et choisir celui le plus rectiligne et qui ne présente pas de défauts (arbre dominant).

Effectuer sur ce dernier les mêmes mesures réalisées sur les 10 arbres précédents (diamètres à 0,30 m et à 1,30 m, hauteur totale, hauteur jusqu'aux premières branches vivantes et les deux diamètres du houppier). Si l'arbre le plus gros a déjà fait l'objet des mesures de la hauteur (l'un des 10 arbres objet des mesures de la hauteur), choisir un autre arbre pour le remplacer.

-Enlever une carotte à 1,30 m de hauteur de chacun des 4 arbres les plus proches du centre de la placette. La lecture des cernes (accroissements) va servir pour l'élaboration d'un modèle de croissance en diamètre.

3.5. Variables analysées

Les variables qualitatives et quantitatives ainsi récoltées sont soumises à une analyse statistique à l'aide d'une analyse statistique en faisant appel au logiciel EXCELSTAT2018.

3.5.1. Variables qualitatives

Le tableau ci-dessous illustre les variables qualitatives soumises à l'analyse (Tableau 9).

Tableau 9 : Les variables qualitatives récoltées et soumises à l'analyse statistique

Station variables	Altitude en mètre (ALT)	Exposition (EXP)	Pente en % (P)	Type de sol (TypeSol)
Tizi l'Asswak	1206	N-O	3 à 12%	Brun forestier
Si Hader	1149	N-E	0 à 3%	Brun forestier
Tassa	1193	N-O	3 à 12%	Brun calcaire
Oulm	1260	S-E	0 à 3%	Brun calcaire

Djoug aberkane	1405	S-O	3 à 12%	Brun calcaire
Tighrdam	1303	N-O	12 à 25%	Brun calcaire
Taksilt	1327	N-O	0 à 3%	Brun calcaire
Mahreb	1374	S-E	3 à 12%	Brun forestier
Boualwane	1335	S-O	3 à 12%	Brun forestier

3.5.2. Variables quantitatives

Quant aux variables quantitatives mesurées et soumises à l'analyse statistique sont regroupées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Les variables quantitatives récoltées et soumises à l'analyse statistique

Codification	Désignation des variables
Dm (D0,30 ; D1,30)	Diamètre moyen (diamètre à 0,30m et à 1m30)
Ht	Hauteur totale des arbres
Hh	Hauteur du houppier
Dmh(D1 ; D2)	Diamètre moyen du houppier (diamètre 1 et Diamètre 2)
RecGlob	Recouvrement Global de la station
RecStrArbo	Recouvrement de la strate Arborée
RecStrarbu	Recouvrement de la strate arbustive
RecStrHrb	Recouvrement de la Strate herbacée

3.6. Analyse statistique

3.6.1. Analyse de la variance

L'Analyse de la covariance (ANOVA) sert à comparer les moyennes d'une variable-réponse entre deux groupes ou plus en tenant compte (ou en corrigeant) la variabilité d'autres variables, appelées covariables. En d'autres termes, l'ANOVA permet de comparer les moyennes ajustées de deux ou plusieurs groupes indépendants.

Dans notre étude, on veut étudier la réponse de la croissance des arbres soit en hauteur et/ou en diamètre sous l'effet des variables qualitatives (Tableau 9) et des variables quantitatives (10).

3.6.2. Analyse en Composantes principales (ACP)

Selon Saporta (1990), L'Analyse en Composantes Principales (ACP), propose, à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs de p variables quantitatives pour n unités (appelées aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Ces données peuvent être issues d'une procédure d'échantillonnage ou bien de l'observation d'une population toute entière. Les représentations des unités permettent de voir s'il existe une structure, non connue a priori, sur cet ensemble d'unités. De façon analogue, les représentations des variables permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées. Ainsi, on cherchera si l'on peut distinguer des groupes

dans l'ensemble des unités en regardant quelles sont les unités qui se ressemblent, celles qui se distinguent des autres, etc. Pour les variables, on cherchera quelles sont celles qui sont très corrélées entre elles, celles qui, au contraire ne sont pas corrélées aux autres, etc.

L'ACP est introduite ici comme l'estimation des paramètres d'un modèle, afin de préciser la signification statistique des résultats obtenus.

Les objectifs recherchés par l'application de l'Analyse en Composantes Principales sont :

- L'étude et la visualisation des corrélations entre les variables, afin d'éventuellement limiter le nombre de variables à mesurer par la suite ;
- L'obtention de facteurs non corrélés qui sont des combinaisons linéaires des variables de départ, afin d'utiliser ces facteurs dans des méthodes de modélisation telles que la régression linéaire, la régression logistique ou l'analyse discriminante ;
- La visualisation des observations dans un espace à deux ou trois dimensions, afin d'identifier des groupes homogènes d'observations, ou au contraire des observations atypiques.

Dans notre étude, l'analyse en composantes principales permet d'étudier les structures de liaison sur l'ensemble de variables explicatifs (les paramètres environnementaux) (tableau 9) et ceux à expliquer (variables dendrométriques) indiquées dans le tableau 10 ci-dessus.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. RESULTATS

L'étude de l'effet de certains variables environnementales (l'altitude du terrain, l'exposition, la pente, le type du sol, le taux de recouvrement totale et par strate) sur les variables de croissance en hauteur et en diamètre de 400 arbres du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), a été réalisée en se basant sur ces variables quantitatives et qualitatives.

Ensuite ces variables sont soumises aux analyses statistiques suivantes :

4.1.1. Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA)

La soumission des variables à l'ANOVA a donné Les résultats illustrés dans le tableau 11.

Tableau 11. Résultats de l'ANOVA sur les variables qualitatives et quantitatives des 360 arbres dans les dix stations implantées à Béni Oudjana.

H_houp	DDL	SCE	CM	F-value	Prob	
Altitude	1	170.55	170.55	26.672	<0.001	***
Charge.en.C	2	84.21	42.11	6.585	0.002	**
Exposition	3	193.30	64.43	10.077	<0.001	***
Pente	2	64.90	32.45	5.075	0.007	**
Profondeur.du.sol	1	0.02	0.02	0.003	0.959	NS
Residuals	390	2493.77	6.39			

(Codification : H_Houp : Hauteur houpier ; Altitude ; Charge.en.C : Charge en Cailloux ; Exposition ; Pente ; Profondeur du sol ; DDL : Degré de Liberté ; SCE : Somme des Carrés et des Ecart ; CM : Carrée moyenne ; F : Val. Théorique ; P : probabilité>F)

4.1.1.1. Analyse pour la Variable Diamètre

4.1.1.1.1. Analyse des liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives

Pour analyser la liaison entre une variable quantitative et une variable qualitative, on peut utiliser trois approches qui sont : Approche graphique (boite à moustaches, ...) Approche des indicateurs statistiques (rapport de corrélation) Approche des tests statistiques (test de Student, Anova, ...).

Cette analyse montre les valeurs des moyennes issues des liaisons entre les variables deux à deux selon les graphiques suivants :

Tableau n°12 : les liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives

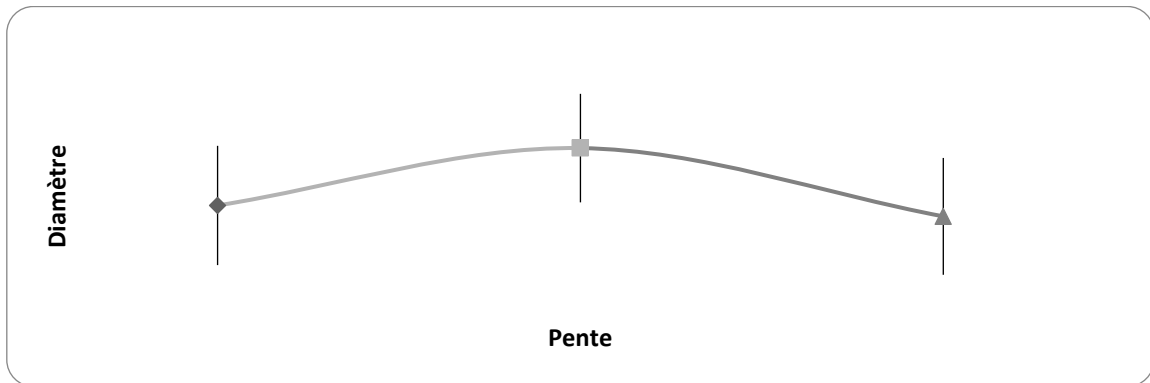
Diamètre	Ddl	SCE	CM	F-value	Prob	
Altitude	1	525.50	525.46	7.391	0.007	**
Charge.en.C	2	182.20	91.08	1.281	0.279	NS
Exposition	3	899.80	299.92	4.219	0.006	**

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

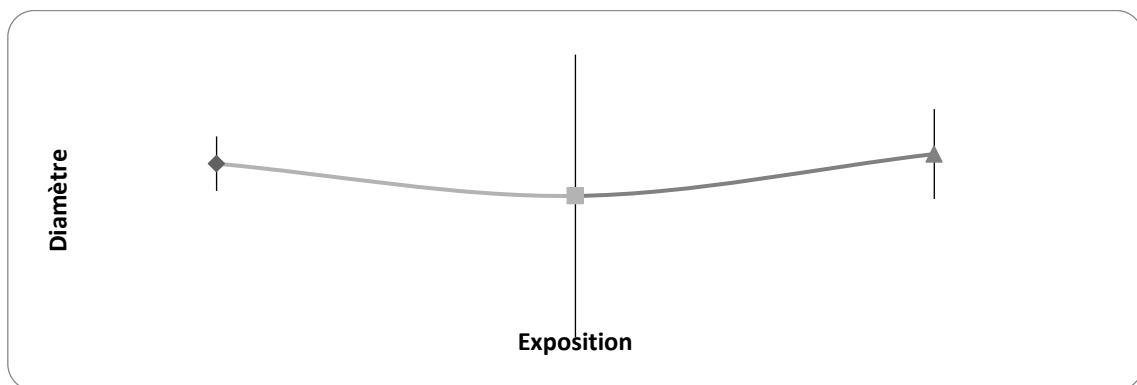
Pente	2	96.00	47.98	0.675	0.510	NS
Profondeur.du.sol	1	264.30	264.28	3.717	0.055	NS
Residuals	390	27726.70	71.09			

*** : $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, NS: $p > 0.05$

-Pour la pente-diamètre :



-Pour l'exposition



-Pour la charge en cailloux

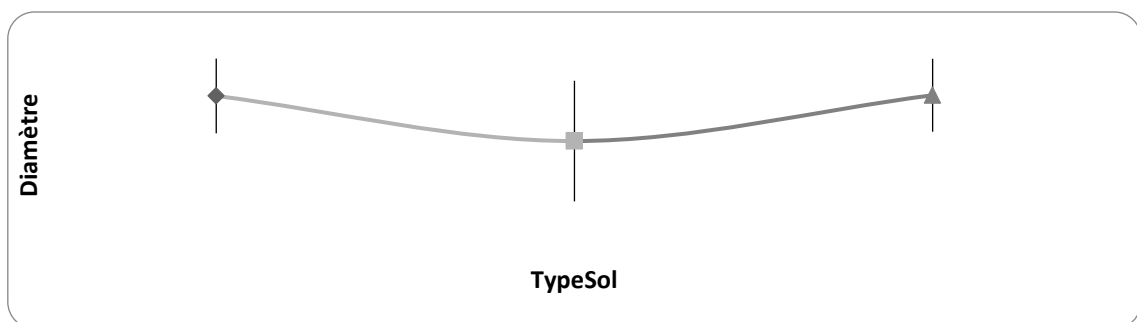


Figure 17 : Les liaisons entre les variables diamètre et les variables qualitatives (a-liaison pente-diamètre ; b-liaison expo-diam ; c-liaison charge cailloux-diam)

4.1.1.2. Analyse pour la Variable Hauteur

4.1.1.2.1. Analyse des liaisons entre les variables ‘‘hauteur et les variables qualitatives’’

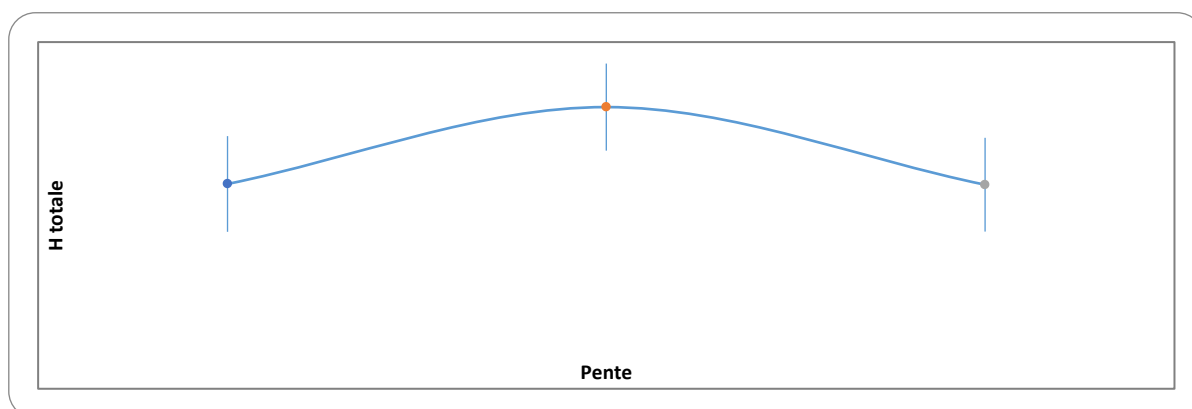
Tableau n°13 : les liaisons entre les variables hauteur et les variables qualitatives’’

H.totale	Ddl	SCE	CM	F-value	Prob	
Altitude	1	118.60	118.64	13.630	<0.001	***
Charge.en.C	2	13.90	6.97	0.801	0.450	NS
Exposition	3	467.30	155.75	17.895	<0.001	***
Pente	2	55.30	27.67	3.179	0.043	*
Profondeur.du.sol	1	2.40	2.40	0.275	0.600	NS
Residuals	390	3394.50	8.70			

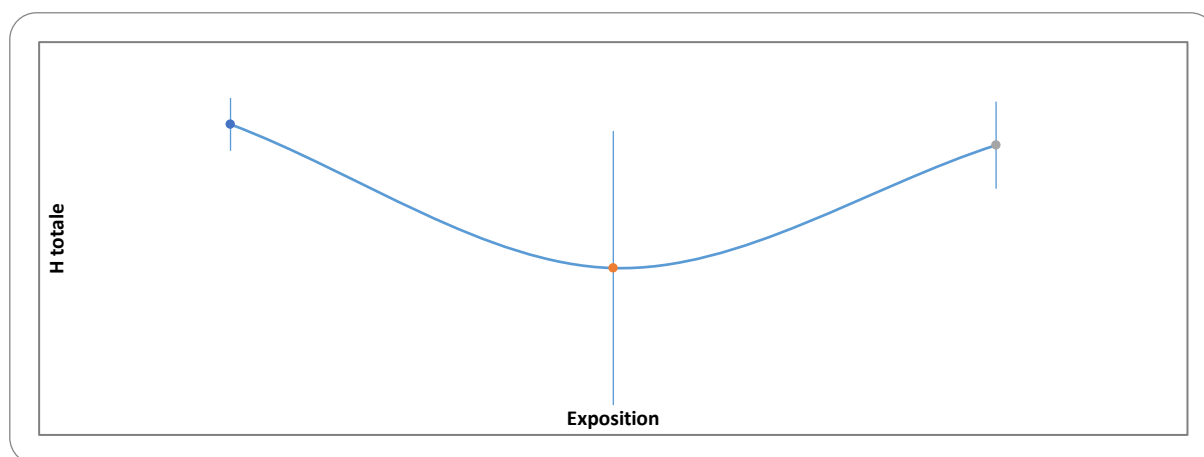
*** : $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, NS: $p > 0.05$

Cette analyse montre les valeurs des moyennes issues des liaisons entre les variables deux à deux selon les graphiques suivants :

-Pour la pente-Hauteur totale :



-Pour l'exposition-Hauteur totale :



-Pour le type de sol-Hauteur totale :

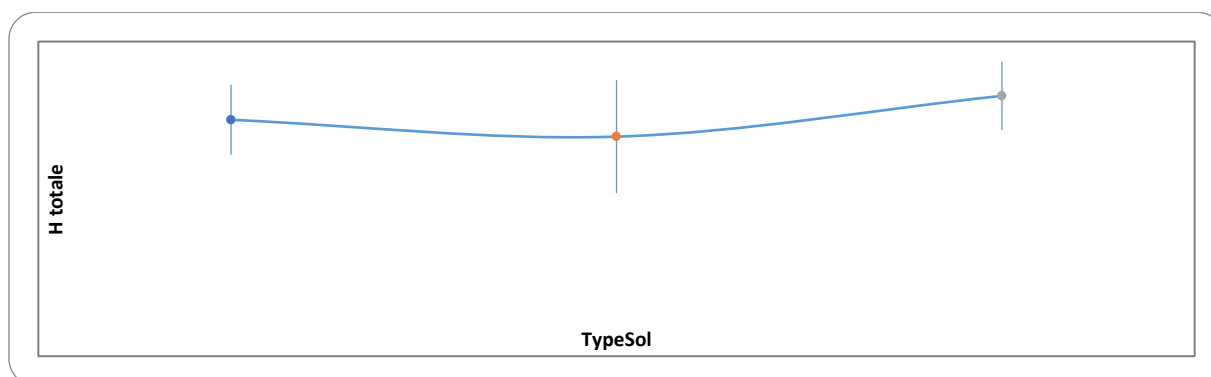


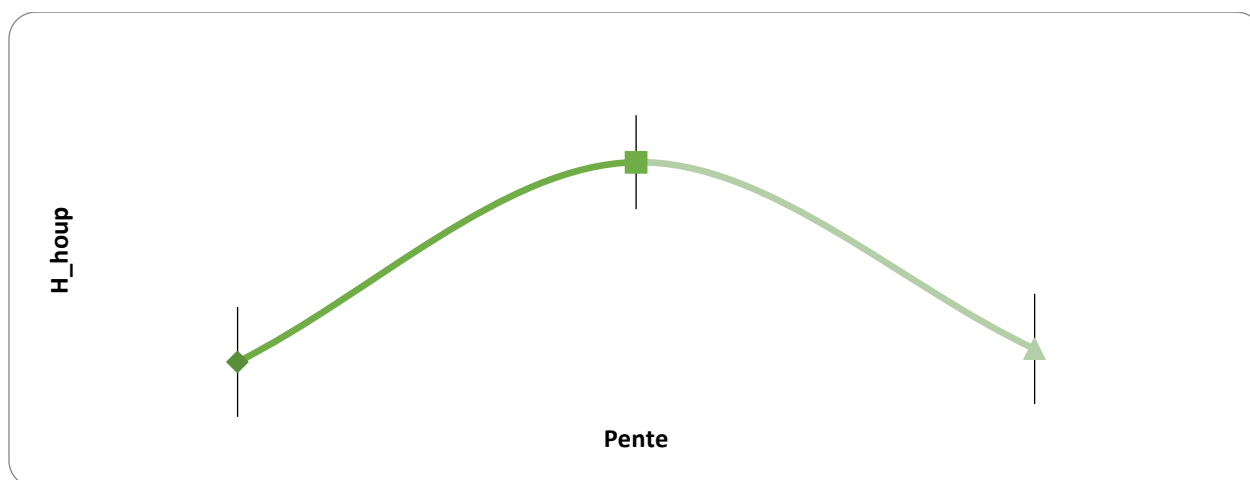
Figure 18 : Les liaisons entre les variables ‘hauteur totale et les variables qualitatives (a-pente-hauteur totale ; b-expo-hauteur totale ; c- hauteur houppier-hauteur totale)

4.1.1.3. Analyse pour la Variable Hauteur du houppier

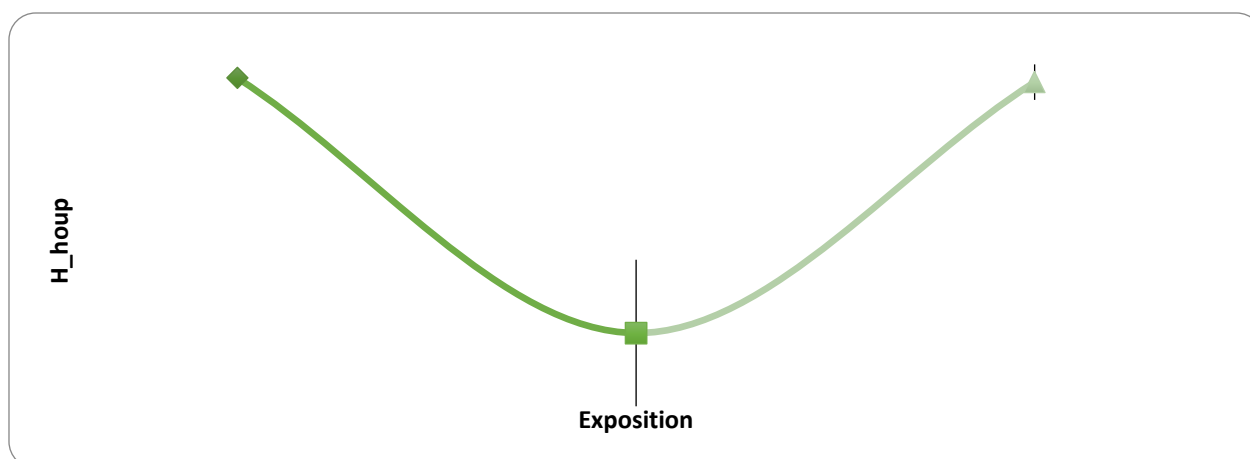
4.1.1.3.1. Analyse des liaisons entre les variables ‘hauteur du houppier et les variables qualitatives’

Cette analyse montre les valeurs des moyennes issues des liaisons entre les variables deux à deux selon les graphiques suivants :

-Pour le pente-Hauteur du houppier



-Pour l'Exposition-Hauteur du houppier



-Pour le type du sol-Hauteur du houppier

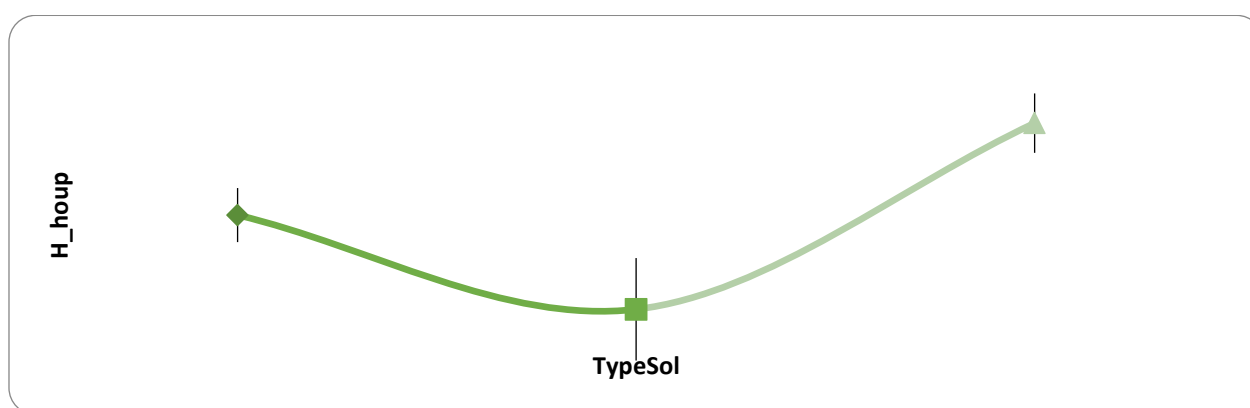


Figure 19 : Les liaisons entre les variables ‘hauteur du houppier et les variables qualitatives (a-pente-hauteur houppier ; b-expo-hauteur houppier ; c- type de sol-hauteur houppier)

4.1.1.4. Synthèse des liaisons deux à deux de l’analyse sur les variables qualitatives et quantitatives

Le tableau 12 donne les résultats issus de l’analyse faite sur les variables quantitatives et qualitatives des 360 arbres mesurés dans les 09 stations forestières implantées dans la forêt des Béni Oudjana. Cette analyse repose sur une combinaison de variables traités deux à deux.

Tableau 14 : Résultats de la synthèse de l’analyse sur les variables qualitatives et quantitatives des 360 arbres dans les neuf stations implantées à Béni Oudjana.

	Diamètre	H totale	H_houp	Diam
R ²	0,07	0,07	0,23	0,22
F	3,02	3,08	12,04	11,28
Pr > F	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pente	0,286	0,074	1,145	3,725
	0,593	0,786	0,285	0,054
Exposition	0,025	0,254	11,642	22,894
	0,875	0,615	< 0,001	< 0,001

TypeSol	0,091	0,304	0,375	0,018
	0,763	0,582	0,541	0,892

4.1.2. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP)

Affinités entre les variables et les stations comme indiqué en méthodologie, l'analyse en composantes principales (ACP) est utilisée pour dégager les affinités entre les différentes variables introduites dans cette étude et éventuellement des ressemblances entre les stations (DECOURT et al, 1969). Ainsi, la matrice des données est composée des paramètres de terrain (recouvrement, pente, exposition, type de sol et altitude) et les critères dendrométriques (Hauteur (arbre et houppier) ; Diamètre (arbre et houppier)).

4.1.2.1. L'étude des variables

La représentation graphique des variables relatifs à la croissance en hauteur et en diamètre du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) étudiés en fonction des paramètres environnementaux (altitude, exposition, type de sol, pente) à travers les dix stations de la forêt des Béni Oudjana montre clairement leur dispersion ou leur répartition par rapport aux axes F1XF2 en points isolés ou en nuage (Figure 20) et le tableau 12 illustre le taux d'inertie des deux premiers axes 1 et 2 en absorbent la quasi-totalité de la variance (Tableau 13).

Tableau 15 : Valeurs propres issues de l'ACP.

	Valeur propre	Variabilité (%)	% cumulé
F1	3,00	74,97	74,97
F2	0,49	12,24	87,21
F3	0,38	9,60	96,81
F4	0,13	3,19	100,00

L'examen des valeurs propres issues de l'ACP permet de retenir le plan factoriel 1*2, qui expliquent 87,21 % de la variance totale, soit 66,4% pour l'axe 1 et 22,1% pour l'axe 2.

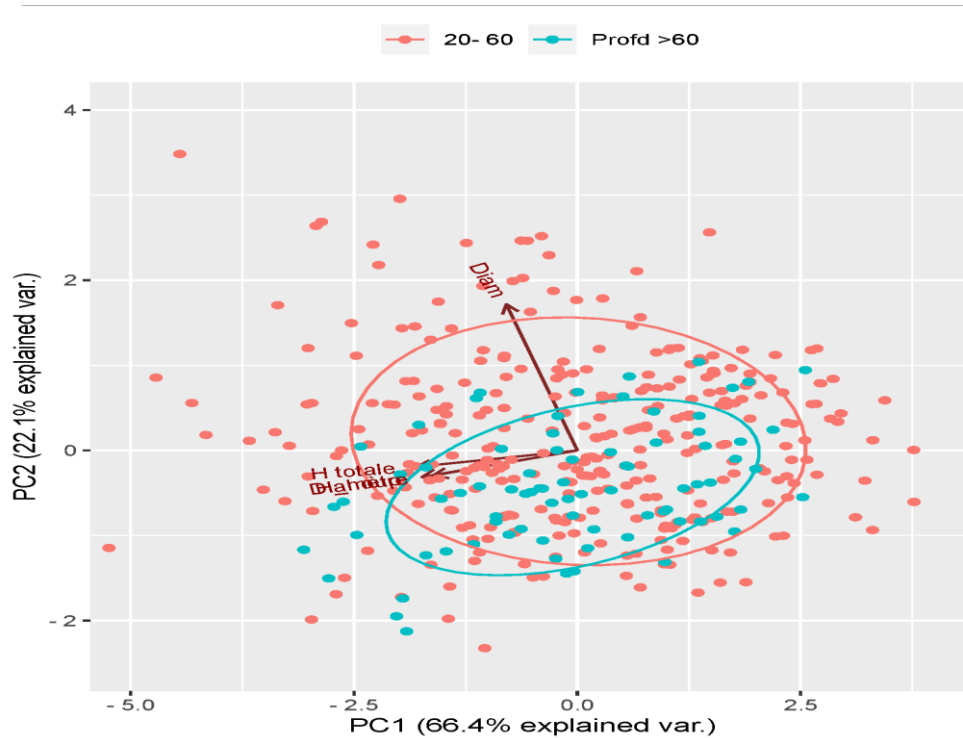


Figure 20. Projection des variables dendrométriques de *Pinus halepensis* Mill. Sur le plan (PC1/PC2)

L'analyse de la figure ci-dessus montre clairement deux groupes de variables qui s'alignent sur le côté droit par rapport à l'axe 1, dont le groupe 1 formé des variables (**H_houp**, **Htotale**) occupant le quart positif de l'axe 1 et le groupe 2 formé de **Diam-houp**, **Diamètre des arbres** s'individualise dans le quart négatif du même axe.

4.2.DISCUSSION

Naturellement, les distributions des stations sont presque identiques par rapport aux paramètres environnementaux et facteurs du milieu, notamment l'exposition, la pente et le type de sol.

4.2.1. Analyse pour la Variable Diamètre

L'analyse entre les variables diamètre et les variables qualitatives montre les valeurs des moyennes issues des combinaisons entre les variables deux à deux selon les graphiques mentionnés dans les pages ci-dessus, où nous avons noté ce qui suit :

-Pour la pente-diamètre :

Cette liaison "pente- diamètre" montre une corrélation moyennement significative ($P < 0,01$) entre la croissance des arbres en diamètre (stations 1, 4, 5, 6, 10, 11) et les classes de pente de 0-3% et 3-12%. Cela s'explique par leur exposition les plus arrosées (Nord-est, Nord-

ouest) d'une part et leur caractérisation par des sols de type brun forestier et brun calcaire favorisant une bonne croissance au moment végétatif.

-Pour l'exposition-diamètre :

On note une corrélation très hautement significative ($P < 0,001$) dans les stations exposées au Nord-est contrairement à celles exposées au Sud-est et Sud-ouest. Il s'agit des stations 1, 3, 5, 6, 10 et 11, caractérisées par la présence aussi bien des arbres à gros diamètres ($\geq 70\text{cm}$) et à ceux de petits diamètres ($\leq 7\text{cm}$), ce qui signifie la présence bien évidente de la régénération naturelle.

-Pour le type de sol-diamètre :

Quant à cette combinaison, on ne note aucune signification en matière de type de sol dans les 11 stations forestières objet de cette étude car, le pin d'Alep est indifférent vis-à-vis du sol et donc est une espèce non exigeante.

4.2.2. Analyse pour la Variable Hauteur

L'analyse entre les variables hauteur et les variables qualitatives montre les valeurs des moyennes issues des combinaisons entre les variables deux à deux selon les graphiques mentionnés dans les pages 37-39, où nous avons noté ce qui suit :

-Pour la pente-hauteur (arbre ; houppier) :

La Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Pente-Hauteur (arbres et houppier) : On ne dénote aucune corrélation significative dans les stations forestières entre les hauteurs des arbres et les classes de pentes, sauf pour les hauteurs des houppiers qui montrent une différence moyennement significative ($P < 0,01$) notamment dans les stations à pente allant de 0 à 3% et de 3 à 12% et qui sont caractérisées par un taux de recouvrement non concurrentiel par rapport aux sujets mesurés.

-Pour l'exposition- hauteur (arbre ; houppier) :

La Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Exposition-Hauteur (arbres et houppier) donne ce qui suit :

Malgré la corrélation non significative dans cette comparaison, mais on remarque la répartition des stations en trois groupes selon leur exposition, entre autres : le groupe A à exposition Sud-est avec une moyenne estimée (H_{houppier}) de 0,96, un groupe B à exposition Sud-ouest avec

une moyenne estimée (H_houppier) de 3,81 et un troisième groupe C à exposition Nord-est avec une moyenne estimée (H_houppier) de 10,24.

Quant à la comparaison exposition-hauteur des arbres, aucune différence significative n'est indiquée dans ce cas et les arbres de toutes les stations se regroupent dans un seul groupe A avec des moyennes estimées rapprochées (Sud-est :8,63 ; Sud-ouest : 10,69 et Nord-est : 12,69) .

-Pour le type du sol - hauteur (arbre ; houppier) :

La Synthèse des comparaisons multiples par paires pour le type du sol-Hauteur (arbres et houppier) enregistre des moyennes estimées très rapprochées allant de 10,30 à 10,86 pour tout type de sol confondu. Cela s'explique par l'indifférence du pin d'Alep vis-à-vis du sol et donc il pousse sur tout type de sol.

Dans le même contexte, VENNETIER et al. (2010) indiquent que l'espèce s'adapte plus ou moins bien à tous les types de stations, à l'exception des sols à hydromorphie proche de la surface dont elle est exclue.

4.2.3. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse de la figure Montre trois ensembles bien distincts :

L'analyse de la figure 20 montre clairement deux groupes de variables qui s'alignent sur le côté droit par rapport à l'axe 1, dont :

-le groupe 1 formé des variables (**H_houp, Htotale**) occupant le quart positif de l'axe 1, caractérisant les stations à arbres dominés par des diamètres moyennement gros, situés dans des versants à expositions plus arrosées (Nors-est, Nord-ouest) ;

-le groupe 2 formé de variables (**Diam-houp, Diamètre des arbres**) s'individualise dans le quart négatif du même axe caractérisant les stations à pente faibles et moyennement faible (0-3 % et 3-12%) sans tenir compte de type de sol. Ces résultats reflètent fidèlement la situation des pinèdes en Algérie où le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) s'adapte à divers types de sols et peut croître aussi bien sur des sols épais que sur des sols superficiels (KADIK, 1986).

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, traitant l'impact des facteurs environnementaux sur la croissance de pin d'Alep dans la forêt Béni Oudjana, située à l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Khenchela, nous pouvons conclure ce qui suit :

Les données recueillies sur la dendroécologie du pin d'Alep dans ladite forêt ont permis de dégager un certain nombre d'éléments de réponses quant au comportement de cette espèce vis-à-vis des conditions stationnelles ;

Les différents paramètres dendrométriques calculés : hauteur dominante, circonférence moyenne à 1,30 mètre, indiquent que la croissance aussi bien en hauteur qu'en diamètre est plus significative avec l'altitude et la profondeur du sol ;

La comparaison des paramètres dendrométriques avec les facteurs environnementaux étudiés, dénote que l'altitude et la profondeur du sol, cela par la corrélation plus significative entre ces derniers et la hauteur dominante du moment qu'on monte en altitude est moins le sol est profond et inversement.

Les résultats ainsi obtenus constituent un premier pas ou premier élément de base pour une meilleure connaissance de cette espèce caractérisant notre wilaya, voire même l'Algérie. Cependant, les facteurs ou les paramètres

CONCLUSION GENERALE

introduits dans cette étude nous ne pouvons, à eux seuls, confirmer ou infirmer leur influence sur la croissance de pin d'Alep.

A cet effet, pour mieux cerner le problème, il est nécessaire et souhaitable d'élargir l'étude sur d'autres facteurs tels que l'analyse physico-chimique du sol, l'anthropisation et le climat, étant donné que nos forêts se situent dans des sous étages bioclimatiques connus dernièrement par l'irrégularité dans les précipitations et succession des périodes de sécheresse.

*REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Abdessemed K.,1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing. Univ. De droit, d'économie et de sciences, Aix-Marseille. p199.
- **Ammari y, Sghaier T, Khaldi A et Garchi S (2001)** : Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table d Production. Annales de L'INGREF N° Spécial. Pp 239-246.
- **Anonyme., 2002.** Plan d'aménagement de la forêt des Ouled Yagoub, El Hamma. pp1-5.
- **Bahri., 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des facteurs édaphiques orographiques et biologiques sur la génération naturelle du cèdre de l'Atlas dans les monts d'Ouled Yagoub. Mémoire de magistère, Université de Batna, 138pp
- **BNEDER., 2010.** Plan de gestion relatif à l'étude de classement de la cédraie des Ouled Yacoub et Chélia (Aurès) en parc national. BNEDER, Bouchaoui –Alger, 68p + annexes.
- **B.N.E.F, 1986.** Bureau National des Etude Forestières., 1986.Plan d'aménagement de la zone d'Ouled Yagoub et Beni Oudjana. Constantine.
- **Boudy p. ,1950.** Economie Forestière Nord-Africain, Monographie Et Traitement Des Essences Forestiers, Ed. La Rose, Paris, T. II. Pp 529-619.
- **Boudy P. ,1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique, Paris. p 245-258.
- **Boudy, P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. Larousse, Paris, pp :248-249.
- **Boullards B. ,1995.** Les arbres. Ed. Detachaux et Nistlé S.A., Lausanne, (Suisse), paris. 76p.
- **Chakroun M.L. (1986)** : Le pin d'Alep en Tunisie. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 25-27.
- **Couhert B. et Duplat P. (1993)** : Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande-Motte (34), 6-7 octobre 1993. Ed. INRA, Paris 1993. (Les colloques n° 63), 125-147.
- **Daget P.,1977.** Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger.Vegetatio. Vol 34, 2. pp 87-103.
- **De Lartigue I.T. ,1904.** Monographie de l'Aurès, Constantine.
- **Djelil T., 1992.** Recherche d'un indice de productivité et détermination de niveau de fertilité de pin d'Alep dans la forêt de Béni-Imlou, Série Ras-Bignoun. Thèse ingénieur. Univ. Batna, 66p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **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 Doc. Sc. Agro. ENSA El-Harrach. 94p+Annexes.
- **Kadik B., 1983.** Atlas d'anatomie des bois des conifères. Centre technique du bois. Vol 2.P 241.
- **Kadik B., 1987.** contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill) en Algérie., écologie dendrométrie Morphologie, office des publications universitaires, 580 p.
- **Kadik L., 2005.** Contribution à L'Etude floristique et écologique des forêts de l'étage bioclimatique semi-aride algérien, menacées de disparition. Thèse Doct .281p.
- **Kherchouche D., 2002.** Typologie écologique et physiologique des stations et croissance des peuplements de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans le massif des Béni Melloul (Aurès, Algérie) mémoire de Magistère, Université de Batna.
- **Menasri A, 2014.** Étude de la diversité floristique des écosystèmes forestiers du massif forestier de Beni Melloul (Khenchela). Mémoire Magistère 2014 Université d'ElTaref, 95 p+ annexes.
- **M'hirit O., 1982.** Etude écologique et forestière des cédraies du rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytosociologie et de la productivité du Cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Thèse de Doctorat Es-sciences. Univ. Droit.Econ. Sci. D'Aix-Marseille, 436 p+ annexes.
- **Nahal I., 1962.** Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts. 4 :533-627.
- **Quezel P.,1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen In PESSON : Actualités d'écologie forestière. Ed. Gauthier-Villar
- **Quezel P. (1980).** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans : Actualités d'Ecologie Forestière (éd. : PESSON), *édition Gauthier Villars, Paris*, pp. 205-256 s, paris, pp : 205-255.
- **Quezel P.1986.** Les pins du groupe « *halepensis* » : Ecologie, Végétation, Ecophysiologie. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 11-24.
- **Quézel P. & 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.
- **Ramade f. (1984)** : éléments d'écologie, écologie fondamentale. Auckland, McGraw Hill, paris, 397 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Schoenenberger A., 1970.** Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental, tendances évolutives de ce peuplement. Projet Algérie 15, 42p.
- **SEIGUE A. ,1985.** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et La rose Edition. Paris. 502p.
- **Souleres G.,1969.** Le pin d'Alep en Tunisie : Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest. Tunisie. Vol 2. Fasc.126 p.
- **Tiar.,2002.** La forêt Algérienne (revue d'information et de vulgarisation) I.N.R.F à Baïnem. Alger. pp 39-41.
- **UICN. ,2015.** Flore forestière. *Pinus halepensis* Mill., 1768. Publication de l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN), 2015, site internet : [www](http://www.uicn.org).
- **Vennetier M., Ripert C., Brochiero F., Rathgeber C., Chandrioux O. & Esteve R., 2010.** Évaluation de la croissance du pin d'Alep en région méditerranéenne française. *Rev. Forestière Française* 5 : 11-17.

Résumé :

La présente étude se reporte sur l'étude de l'effet des facteurs environnementaux sur la croissance et la production de (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt des Béni Oudjana (Wilaya de Khenchela). 9 stations ont été choisies aléatoirement et implantées dans cette zone d'étude en fonction des facteurs environnementaux (Altitude, Exposition, pente, type de sol, taux de recouvrement). 36 arbres, soit 40 arbres choisis par station ont été mesurés : hauteur des arbres et leurs houppiers et les diamètres à 0,30m et à 1m30

Les données récoltées sont soumises à deux analyses statistiques à l'aide de logiciel EXCELSTAT18, dont l'analyse par l'ANOVA en introduisant les variables qualitatives et quantitatives (analyse mixte) et une analyse multi variée par l'ACP. Ces deux analyses ont révélé en évidence que les expositions Nord-est et Nord-ouest influent positivement sur la croissance en hauteur et en diamètre des arbres de pin d'Alep (stations 1, 3, 5, 6, 10 et 11). Quant à la pente, elle influe positivement en cas de faibles pentes (de 0 à 3% et de 3 à 12%) si elles sont conjuguées avec des expositions les plus arrosées et moins ensoleillées (Nord-est, Nord-ouest). Contrairement au sol, où aucune signification n'est notée vis-à-vis du type de sol (brun calcaire, brun forestier, peu évolué) car, le pin d'Alep demeure une essence indifférente et elle pousse sur tout type de sol. Donc ce dernier paraît un facteur indifférent par rapport aux variables dendrométriques ainsi étudiées. Les similarités observées montrent également que les stations choisies se trouvent presque dans les mêmes conditions du moment qu'elles bénéficient des conditions de même étage climatique dit semi-aride frais.

Mots-clés : Impact de facteurs environnementaux, Croissance de *Pinus halepensis* Mill. Forêt des Béni Oudjana, Khenchela, AC et ANOVA.

Abstract:

This study relates to the study of the effect of environmental factors on the growth and production of (*Pinus halepensis* Mill.) in the forest of Beni Oudjana (Wilaya of Khenchela). 9 stations were chosen and located in the study area according to environmental factors (Altitude, Exposure, slope, soil type, and recovery rate). Dendrometry measurements were taken on 360 trees, i.e. 40 trees chosen per station: height of trees and their crowns and diameters at 0.30m and 1.30m. The data collected are subjected to two statistical analyzes using EXCELSTAT18 software, including analysis by ANOVA by introducing qualitative and quantitative variables (mixed analysis) and a multivariate analysis by PCA. These two analyzes clearly revealed that the northeast and northwest exposures positively influence the growth in height and diameter of Aleppo pine trees (stations 1, 3, 5, 6, 10 and 11).

As for the slope, it has a positive influence in the event of low slopes (from 0 to 3% and from 3 to 12%) if they are combined with the most watered and less sunny exposures (North-East, North-West). Unlike the soil, where no significance is noted in relation to the type of soil (limestone brown, forest brown, little evolved) because the Aleppo pine remains an indifferent species and it grows on any type of soil. So the latter seems to be an indifferent factor in relation to the dendrometry variables thus studied. The similarities observed also show that the chosen stations are almost in the same conditions as long as they benefit from the same climatic conditions called cool semi-arid.

Key words: Environmental factors effect, growth of *Pinus halepensis* Mill.; forest of Béni Oudjana, Khenchela, PCA and ANOVA

إلخص : دراسة تأثير العوامل البيئية على نمو وإنتاج الصنوبر الحلبي بغابة بني أوجانة (ولاية خنشلة)

علق هذه الدراسة بدراسة تأثير العوامل البيئية على نمو وإنتاج الصنوبر الحلبي في غابة بني أوجانة (ولاية خنشلة). للقيام بذلك، قمنا بإنشاء 9 محطات بشكل عشوائي في منطقة الدراسة وفقاً للعوامل البيئية (الارتفاع، والتعرض، والمنحدر، ونوع التربة، ونسبة التغطية). تم أخذ قياسات لـ 360 شجرة، بمعدل 40 شجرة تم اختيارها في كل محطة: ارتفاع الأشجار وارتفاع تيجانها وأقطارها عند 0.30 م و 1.30 م. أخضعت البيانات التي تم جمعها لتحليلين إحصائيين باستخدام برنامج EXCELSTAT18، بما في ذلك التحليل بواسطة ANCOVA من خلال إدخال متغيرات النوعية والكمية (التحليل المختلط) والتحليل متعدد المتغيرات بواسطة PCA. لقد أظهر هذان التحليلان بوضوح أن التعرضات الشمالية الشرقية والشمالية الغربية لها تأثير إيجابي على نمو ارتفاع وقطر أشجار الصنوبر الحلبي خاصة في المحطات 1، 3، 5، 6، 10، 11.

بالنسبة للمنحدرات، فلها تأثير إيجابي في حالة المنحدرات المنخفضة (من 0 إلى 3% ومن 3 إلى 12%) إذا تم دمجها مع التعرض المستفيد أيضاً من التساقطات وأقل تعرضاً لأشعة الشمس (شمال شرق، شمال غرب). على عكس التربة، حيث لم نلاحظ أي أهمية فيما يتعلق بنوع تربة (تربة الحجر الجيري البني، تربة غابية بنية، تربة قليلة التطور) لأن الصنوبر الحلبي يظل نوعاً غير مبالٍ وينمو على أي نوع من التربة. ذلك يبدو أن هذا الأخير عامل غير مبالٍ فيما يتعلق بمتغيرات قياس الشجرة التي تمت دراستها على هذا النحو. كما تظهر أوجه التشابه الملحوظة صفاً أن المحطات المختارة تكون تقريباً في نفس الظروف طالما أنها تستفيد من نفس الظروف المناخية المسماة بارداً شبه جاف.

كلمات المفتاحية: تأثير العوامل البيئية، نمو الصنوبر الحلبي؛ غابة بني أوجانة؛ خنشلة؛ ANOVA و PCA