

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

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SNV

N° :



DOMAINE : SNV

FILIERE : BIOLOGIE

OPTION : GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : TAIBI Mona et ZIANI Nacira

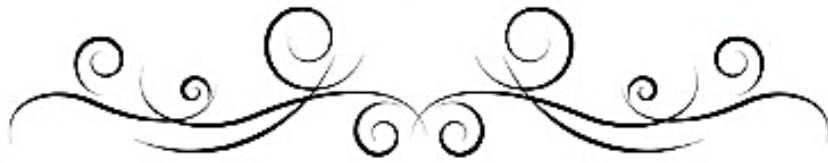
Intitulé

Effet de la contrainte thermique (hautes et basses températures) sur les jeunes plants du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la région de M'sila

Soutenu devant le jury composé de:

Mr. NOUIDJEM Yacine	Université Mohamed Boudiaf, M'sila	Président
M ^{me} HAICHOOR Rima	Université Mohamed Boudiaf, M'sila	Rapporteur
Mr. SARRI Madani	Université Mohamed Boudiaf, M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu « Tout Puissant » de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens à fin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

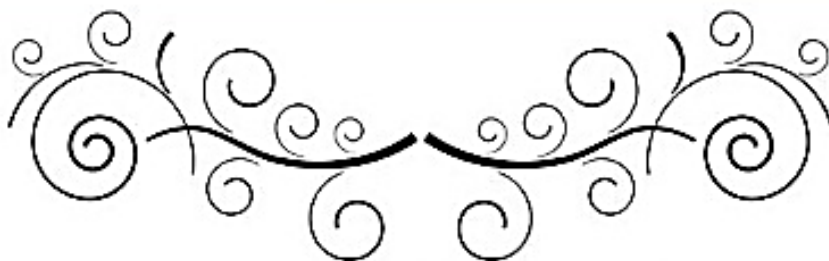
Nous remercions chaleureusement Mme. HAICHOUR Rima maître assistante, chargé de cours à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila d'avoir proposée ce thème et acceptée de nous encadrer et pour son aide, ses orientations, ses conseils et ses corrections sérieuses pour ce travail.

Nous tenons à remercier Mr, SARRI Madani a accepté d'examiner notre travail et pour son aide dans ce travail.

Nous remercions également Mr, NOUIDIEM Yacine a d'avoir accepté de jurer ce travail.

Un très merci, à l'ensemble du personnel de laboratoire.

Enfin, un grand merci, à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicace

*Avant tout je remercie **ALLAH** pour les tout.*

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents maman et papa sources de tendresse et la force de courage de vie et d'étude.

Je vous remercie d'être toujours à mes coté de me soutenir, aimer, protéger et pour tous ce que vous avez fait pour moi.

A mes sœurs : Amel, Abire Zineb, Zahra Nour alhouda, Hadjer .

A mes chers frères : Rachid, Hocine.

A toute la famille : TAIBI et MEDJEDEL.

A toute la promotion de Gestion d'Environnement 2016/2017.

Mona.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents avec toute ma reconnaissance :

A ma chère maman qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteins ce niveau et pour ses nombreux sacrifices consentis pour mon éducation et l'affection qui m'ont éclairé le chemin du succès.

A mon cher papa qui a su se montrer patient, compréhensif et encourageant, sa chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un grand réconfort ; aucun mot ne peut suffire pour te remercier

A mes chères frères et mes sœurs: Mohamed , Kouider, Naima, Fatima, Dalila, Salima

A mes meilleurs amis: Noura, Hanane, Weffa, Yasmína

A tous les famille: Ziani , Louglaithi, Abde Eldaim

Nacira.

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

CHAPITRE(I) SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. GENERALITES SUR LE PIN D’ALEP.....	2
I.1.1. Systématique de l’espèce	2
I.1.2. Répartition du pin d’Alep dans le monde	2
I.1.3. Répartition du pin d’Alep en Algérie	4
I.1.4. Caractères botaniques	4
I.1.5. Exigences écologiques de l’espèce	5
I.1.6. Phénologie de l’espèce.....	6
I.1.7. Intérêt économique de l’espèce.....	6
I.2. LE STRESS THERMIQUE	7
I.2.1. Définition	7
I.2.2. Températures critiques.....	7
I.2.3. Stress aux températures élevées.....	7
I.2.4. Stress au froid et au gel.....	8

CHAPITRE (II)PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE & MATERIELS ET METHODES

II.1. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	10
II.1.1. Situation géographique de la zone d’étude.....	10
II.1.2. Le milieu physique de la zone d’étude	10
II.2. MATERIELS ET METHODES	22
II.2.1. Matériel végétal	22
II.2.2. Traitements thermiques appliqués	22
II.2.3. Paramètres biochimiques.....	22
II.2.4. L’étude statistique.....	22

CHAPITRE (III) RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES DE PIN D’ALEP AU STRESS THERMIQUE.....	23
III.1.1. Traitements thermiques à haute température.....	23
III.1.2. Traitements thermiques à basse température.....	26
III.2. DISCUSSION.....	30

Conclusion

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES ABREVIATIONS

Fig : Figure

M : Mole

N : Normalité

T : Température

Tab : Tableau

Ap : Anciennes pousses

JP : Jeunes Pousses

T : Tige

R : Racine

Ch.a : Chlorophylle a

Chl b : Chlorophylle b

Chl a +b : Chlorophylle totale

Chl a/b : le rapport Chlorophyllien

A.N.A.T: Agence nationale pour l'aménagement du territoire.

D.S.A: Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'Sila.

H.C.D.S: Haut-Commissariat au Développement de la Steppe.

LISTE DES TABLAUX

Tab. 01: Régime saisonnier précipitations pour la période (1995-2014).	15
Tab. 02: La continentalité pluviale de la région du M'sila (1995-2014).....	16
Tab. 03: Températures moyennes, minimales, maximales de la période (1995-2014).	16
Tab. 04: Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en m/s (1995-2014).....	17
Tab. 05: Quotient pluviométrique d'Emberger de la région de M'sila (1995-2014).	19
Tab. 06: Valeurs de l'indice d'aridité.	21

LISTE DES FIGURES

Fig. 01: Aire de répartition du <i>Pinus halpensis</i> Mill dans le monde (Quézel, 1980).....	3
Fig. 02: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Seigue ,1985).	4
Fig. 03: Schéma représentatif des différentes parties de pin d'Alep.....	5
Fig. 04: Carte de localisation de la zone d'étude (ANAT).	10
Fig. 05: Variations mensuelles des précipitations (mm) (1995-2014).....	14
Fig. 06: Variations annuelles des précipitations (mm) (1995-2014).....	14
Fig. 07: Variation saisonnière moyenne des précipitations (1995-2014).	15
Fig. 08: Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes des maxima, et des minima (1995-2014).....	17
Fig. 09 : Vitesse moyenne mensuelle du vent m/s.	18
Fig. 10 : Diagramme ombrothermique de la région de M'sila pour la période (1995-2014). .	19
Fig. 11 : Climagramme d'emberger.	20
Fig. 12: Variation des teneurs en protéines dans les différents organes des semis du pin d'Alep en fonction du traitement thermique à haute température.	23
Fig. 13: Variation des teneurs en chlorophylle (a) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.	24
Fig. 14: Variation des teneurs en chlorophylle (b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.	24
Fig. 15: Variation des teneurs en chlorophylle totale (a + b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.	25
Fig. 16: Variation des teneurs en chlorophylle totale (a / b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.	25
Fig. 17: Variation des teneurs en protéines dans les différents organes des semis du pin d'Alep en fonction du traitement thermique à basse température.	26
Fig. 18: Variation des teneurs en chlorophylle (a) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.	27
Fig. 19: Variation des teneurs en chlorophylle (b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.	28
Fig. 20: Variation des teneurs en chlorophylle (a+ b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.	28
Fig. 21: Variation des teneurs en chlorophylle (a/ b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.	29

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Dans la nature, Les plantes sont parfois confrontées à des conditions défavorables telles que la sécheresse, la salinité et les basses températures qui sont des stress abiotiques. Les conséquences vont du simple ralentissement de la croissance à la mort. Les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses. La connaissance de ces réponses, basée sur la transduction des signaux de stress est la base des études visant à améliorer la réponse des plantes cultivées aux différents stress (Laurent et Ahmed 1991).

En particulier, Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol (Nover, 1991 ; Laszlo, 1992, Parsell et Linquist, 1994 in Bernier, 1997).

En réponse au stress thermique, beaucoup d'espèces simulent des changements significatifs sur le plan morphologique et métabolique. Parmi ces espèces, Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) est une espèce rustique, caractéristique de la Méditerranéenne. L'aire de répartition du pin d'Alep ainsi que ses limites s'expliquent par une très grande résistance à la sécheresse et par une forte sensibilité aux températures basses (Antoni et al, 2004 ; Chakroun, 1986).

Cette aire, qui s'étend sur 3,5 millions d'hectares, occupe presque tout le pourtour de la Méditerranée. Si en France les surfaces couvertes par le pin d'Alep représentent environ 2% des surfaces forestières, soient 300 000 ha, en revanche le pin d'Alep est la première essence en Algérie ; avec 800 000 ha, couvre près de 40% des surfaces forestières de notre pays (Daoui et al, 2007). On le retrouve partout : monts Aurès, Bibans, Ouarsenis et surtout dans l'Oranié où il forme un seul bloc de 200.000 hectares allant de Saïda jusqu'à Ouled Mmour , et avec une superficie réduite dans l'atlas Saharien (Djelfa).

C'est dans ce travail, que notre étude se base à la fois la connaissance de l'éventail thermique de cette espèce et sa réaction éco-physiologique vis-à-vis du stress thermique, tout en essayant de comprendre sa capacité d'adaptation par des marqueurs biochimiques (les protéines et la chlorophylle).

CHAPITRE(I)
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. GENERALITES SUR LE PIN D’ALEP

I.1.1. Systématique de l’espèce

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).

Le pin d’Alep appartient à la famille des pinacées (Abietacees), genre *Pinus*, sous genre *Pinus* (*Eupinus*), section *Halepensoïdes*, et sous-groupe *halepensis*. Sa classification est la suivante (Ozenda, 2006) :

Règne : Plantae.

Sous-règne : Tracheobionta.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Gymnospermes.

Classe : Pinopsida.

Ordre : Coniferales.

Famille : Pinaceae.

Sous-famille : Pinoideae.

Genre : *Pinus*.

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Subsp : *Halepensis*.

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: Tayada.

I.1.2. Répartition du pin d’Alep 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 et Tunisie où il constitue les massifs les plus importants (Nahal, 1986). Ses forêts occupent plus de 2.5 millions d’hectares (Quézel, 2000) réparties dans certains pays situés sur le pourtour de la méditerranée (Fig.01).



Fig. 01: Aire de répartition du *Pinus halpensis* Mill dans le monde (Quézel, 1980).

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

Il est représenté peu en Yougoslave, 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).

I.1.3. Répartition du pin d'Alep en Algérie

En Algérie, il occupe 35 % de la surface boisée (Fig.02). Il forme des peuplements dans la région de Tébessa, les plateaux constantinois et les Aurès, la région d'Alger (forets de Médéa), à Bel Abbes, à Saida et dans l'Ouarsenis, l'atlas saharien et dans la région de Djelfa, les monts des Ouled-Nail (Mezali in Bentouati, 2006).

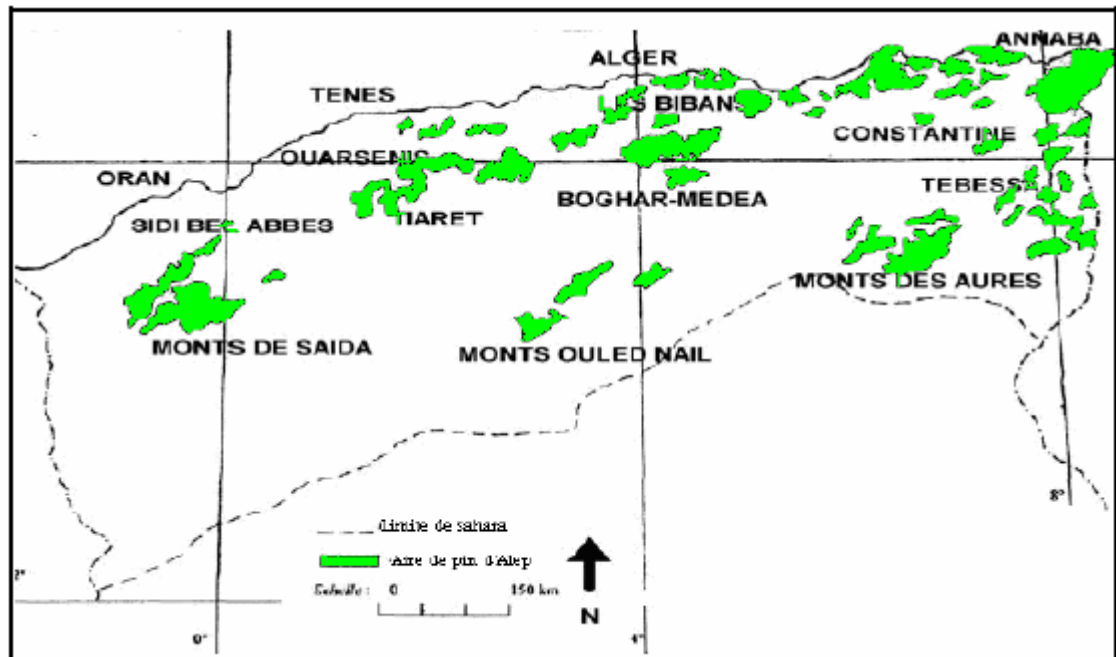


Fig. 02:Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Seigue, 1985).

I.1.4. Caractères botaniques

C'est un arbre toujours vert (Fig. 03), vivace, environ 20 m de haut, au tronc généralement tortueux, à écorce d'abord lisse et grise, puis épaisse et crevassée tournant au rouge-brun avec l'âge. Les arbres jeunes sont de forme assez régulière, les plus âgés, dégarnis à la base, ont un houppier plus dispersé, une cime irrégulière peu dense (Seigue, 1985).

Les aiguilles fines et souples et réunies par deux, mesurent 5 à 10 cm de long, de couleur vert jaunâtre. Le pin d'Alep est une plante à fleurs mâles et femelles séparées (monoïque) situées sur le même individu ; elles sont groupées en épis.

Les fruits sont des cônes verticillés apparaissant à l'automne sur les arbres adultes. Les écailles s'écartent à maturité, libérant des graines environ 7 mm, mates, munies d'une aile 4 fois plus longue qu'elles, persistante qui permet leur dissémination rapide.

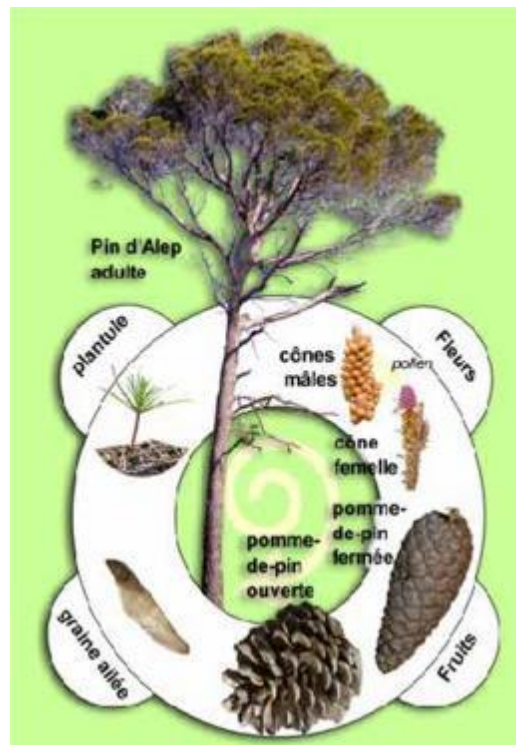


Fig. 03: Schéma représentatif des différentes parties de pin d'Alep (site web 2).

I.1.5. Exigences écologiques de l'espèce

I.1.5.1. 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 éclaircements) et Xérophile (supportant de longues périodes de sécheresse) ; elle se développe à des températures moyennes annuelles de 11 à 19 °C mais 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).

I.1.5.2. 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).

I.1.6. 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 mûrissent 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).

I.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 1 million de hectares ont été plantés de pins d'Alep il y a plus de 20 ans (Lahouati, 2000).

Son bois est utilisé en construction, industrie, menuiserie, bois et pâte à papier, pour l'étagage des mines, la construction navale et la charpenterie.

Le pin d'Alep donne environ 3 Kg de résine (la gomme) par arbre et par an (Parajoannou, 1954 in Kadik, 1987). La gomme 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.

I.2. LE STRESS THERMIQUE

I.2.1. Définition

La température est une facteur environnementale qui varie selon les saisons et subit des fluctuations quotidiennes. Le gel et les hautes températures affectent le développement de la céréale tout long de son cycle (Bouzerzour et Monneveux, 1992).

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (Hopkins, 2003).

La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

I.2.2. Températures critiques

On appelle températures critiques, les températures minima et maxima en-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation (Diehl, 1975).

La gamme de températures compatibles avec une vie active est assez étroite : en général de -5 ou -10°C à 45°C. On observe seulement quelques exceptions : conifères de Sibérie, pouvant vivre normalement jusqu'à -65°C, lichens des régions froides assimilant encore à -20°C, le cactus peut résister à des chaleurs de 60° C (René, 1977).

I.2.3. Stress aux températures élevées

I.2.3.1. Morphologique

Généralement la fourchette des températures compatibles avec la croissance des plantes est comprise entre 0°C et 45°C ; dans ces limites la tolérance à la température dépend de fortement de l'espèce (Hopkins, 2003). *Vigna radiata* L. Wilczek préfère un climat sec dans la température optimale est entre 25°C –35°C (Kudagamage *et al.* , 2007).

Des nombreuse plantes évitent la surchauffe, en faisant adopter une position plus verticale aux feuilles, ou en provoquant leurs enroulements le long de leur axe ou, par la production de poils foliaires et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière (Hopkins, 2003).

I.2.3.2. Adaptation physiologique

A partir de 40°C les processus liés à la photosynthèse sont dégradés. Ainsi les températures élevées inhibent la synthèse des chlorophylles chez le concombre exposé à la lumière dans une chambre de culture à 42°C (Tripathy, 1998). Les processus qui se déroulent au niveau des membranes thylacoidiennes des chloroplastes sont endommagés par la températures élevées affectant ainsi la photosynthèse (Havaux, 1993 ; Hopkins, 2003).

Les plante soumises temporairement à des températures élevées, présentent souvent une respiration accéléré et donc un épuisement rapide de leurs réserves ; dans ces conditions critiques la plante inhibe la synthèse de la plupart des protéines et induit la synthèse d'une famille de protéines faible poids moléculaire appelées les protéines de chocs thermiques (Heat Shock Proteins) (Mazliak, 2000 ; Hopkins, 2003).

Chez *Vigna radiata* L.Wilczek, les polyamines protègent les plantes contre le choc thermique dû à une haute température, ceci ce manifeste par une augmentation de la croissance des racines rétablies et des hypocotyles, mais l'efficacité de ces polyamines est respectivement dans l'ordre suivant : putrescine, spermidine, et spermine (Ranjit *et al.*, 1997).

I.2.4. Stress au froid et au gel

Les plantes sont réparties en 3 catégories, selon leur réponse au stress froid :les plantes sensible au froid, subissent des dommages quand les températures sont inférieures à 12°C ; les plantes tolérantes au froid mais sensibles au gel, peuvent s'acclimater à des températures inférieures à 2°C mais ne survivent pas au gel et en fin les plantes tolérante au froid et au gel, survivent à des températures très inférieures à 0°C (Bourion *et al.*, 2003).

En effet, les basses températures provoquent chez les plantes des maladies physiologiques du froid ou le gel des fluides cellulaires .Par conséquent, les plantes ont développé plusieurs modes d'adaptations (Mazliak ,2000).

I.2.4.1. Adaptation morphologique

Les végétaux ne peuvent pas se mettre à l'abri lorsque les températures diminuent, elles vont ainsi se modifier à l'approche de l'hiver. Selon la classification de Raunkiaer(1934) on distingue :

-Les phanérophytes : leurs bourgeons sont au-dessus de la neige l'hiver. Ce sont les arbres et arbustes.

-Les chamérophytes : leurs parties aériennes sont enfouies dans la neige. Ce sont les petits buissons.

-Les hémicryptophytes : la plus grande partie de leur appareil végétatif aérien disparaît l'hiver, seuls persistent une rosette de feuilles ou des bourgeons à la surface du sol. Ce sont des herbacées pérennes.

-Les géophytes : seule la partie souterraine persiste (bulbe, tubercule, rhizome.) .Ce sont généralement des biannuelles.

-Les thérophytes : elles disparaissent totalement, et ne laissent que des graines dans le sol. Ce sont les annuelles (Thebault, 2001).

I.2.4.2. Adaptation physiologique

Les plantes sensibles au froid, réagissent négativement entre 0°C et 12°C ; cela se manifeste par arrêt de croissance, chlorose, nécrose et mort parfois (Mazliak, 2000).

Vigna radiata L. Wilczek est une plante sensible au froid, la rouille pulvérulente est une maladie favorisée par des conditions croissantes de fraîcheurs, elle est souvent répandue dans les récoltes tardives. Les symptômes consistent à une augmentation fongique sous forme de poudre grisonnante blanche sur la surface des feuilles, les tiges et les cosses (Sparkes, 2005).

Les plantes qui sont sensibles aux basses températures, ont tendance à posséder une proportion importante d'acides gras saturés et par conséquent, une température de transition élevée .Dans le membrane mitochondriales de *Vigna radiata* L. Wilczek, La température de transition est de 14°C, les plantules du *Mung bean* poussent mal au-dessous de 15°C (Hopkins, 2003) .

CHAPITRE (II)
PRESENTATION DE
D'ETUDE &
MATERIELS ET
METHODES

II.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya de M'Sila est située à 250 Km au sud-est d'Alger. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Bouira, Borj-Bou-Arrierij et Sétif, à l'Est par les wilayas de Batna et Biskra, au Sud par les wilayas de Biskra et Djelfa, et à l'Ouest par les wilayas de Djelfa et Médéa (Fig. N°4). La wilaya est constituée de 47 communes regroupées en 15 daïras. Sa superficie totale est de 18 175 Km², soit 0,76 % du territoire national. La Wilaya de M'Sila se situe entre le Tell et le Sahara, avec une latitude de 35.42° Nord et une longitude de 04, 32° Est (ANAT).

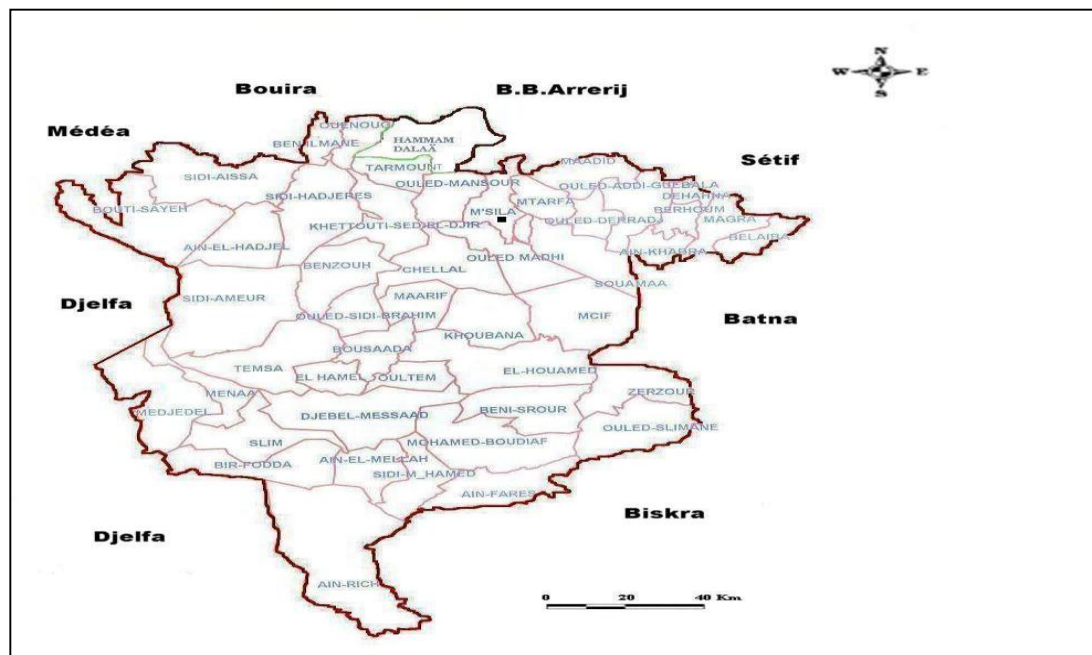


Fig. 04: Carte de localisation de la zone d'étude (site web2).

II.1.2. Le milieu physique de la zone d'étude

II.1.2.1. Le relief

Structure physique de la wilaya de M'Sila est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles bien distinctes (D.S.A., 2008) :

- Zone de steppe couvre la plus grande partie du territoire et se caractérise par un couvert végétal clairsemé, traduisant le degré de dégradation des parcours ;
- Zone de la plaine du Hodna où se concentre la grande part de l'activité agricole de la wilaya (céréales, maraîchage, arboriculture) ;
- Zone de montagnes, réservée à une agriculture de montagne de type extensif avec quelques massifs forestiers.

II.1.2.2. Les sols

« Le sol est l'élément de l'environnement dont la destruction est souvent irréversible et qui entraîne les conséquences les plus graves à courts et à long terme » Halitim(1985), cité par Khelil (1997). Ce dernier dit que Pouget (1980), note une grande diversité des sols de la région steppique : sols minéraux bruts, sols peu évolués, vertisols, sols calcimagnésiques, sols hydromorphe et sols halomorphes...etc.

Du Nord au Sud, les grandes zones pédologiques se caractérisent par (D.S.A., 2008) :

- Une zone de montagne xérique avec des reliefs qui dépassent parfois 1 900 m. Les sols sont des minéraux bruts d'érosion en association avec des sols bruns calcaires. Ils ne sont pas aptes à l'agriculture compte tenu de leur faible profondeur et leur relief et sont destinés beaucoup plus au reboisement. Néanmoins, il existe des dépressions avec des sols profonds bien structurés qui peuvent être exploités pour les cultures arboricoles, maraîchères, céréalières et cultures industrielles ;
- Une zone steppique de dépôts quaternaires anciens et moyens avec des reliefs compris entre 400 et 1 000 m d'altitude avec succession de glacis à composition granulométrique et chimique différentes. Les sols sont de groupe sierozems sur croûte calcaire à encroûtement et à nodules calcaires. On trouve également des sols gypseux, minéraux bruts d'érosion et peu évolués ;
- Une zone steppique de dépôts alluviaux récents avec des passages plats et une altitude de 400 à 500 m. les sols sont surtout peu évolués, d'apport alluvial en différents degrés affectés par des sels ;
- Une zone sub-désertique sableuse avec des dunes de sable. Elle est située au sud du chott El Hodna avec une altitude de 400 à 600 m, et des microreliefs ondulés dus à la présence de dunes et de sebkhas. On rencontre deux types de sols : l'un à texture minérale, il est le plus répandu, l'autre à texture moyenne ou variable en profondeur ;
- Une zone sub-désertique sablo-caillouteuse qui comprend la partie septentrionale de l'atlas saharien. Les reliefs sont compris entre 600 et 1 000 m, avec de nombreux cônes et glacis d'accumulation à matériaux grossiers. Les sols dominants sont de type minéral brut d'érosion sur croûte et encroûtement, ils ne sont pas recommandés pour l'agriculture, mais plutôt pour le pâturage. Il existe aussi des sols peu évolués ou sierozems à nodules calcaires qui peuvent être utilisés pour les cultures en irrigué.

II.1.2.3. Les ressources hydriques

Le réseau hydrographique est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelle de la pluviométrie et aussi le relief de la steppe. (Khelil, 1997). Le territoire de la wilaya de M'Sila est un immense bassin versant qui reçoit le flux pluvial grâce aux différents oueds qui sont alimentés à partir des bassins versants de la wilaya et ceux des wilayas limitrophes particulièrement au Nord (Bouira et Borj Bou Arrerij). Selon la D.S.A., (2008) les capacités hydriques sont estimées à 540 millions de m³ dont 320 millions de m³ en eaux superficielles (soit 59,25% de la capacité totale), et 220 millions de m³ en eaux souterraines (soit 40,74%).

II.1.2.3.1. Les oueds

Le réseau hydrographique est constitué de nombreux oueds, dont les plus importants sont : Oued El Lahem, Oued El Ksob, Oued M'cif, Oued M'Sila, Oued Maïtar, et Oued Boussaâda, dont la plupart se jettent au chott El Hodna.

II.1.2.3.2. Les nappes

La wilaya possède des potentialités importantes en eaux souterraines. La structure hydrogéologique du Hodna renferme beaucoup de formations aquifères réparties sur plusieurs niveaux depuis le jurassique jusqu'au quaternaire. Deux types de nappes sont connus à travers le territoire de la wilaya :

- Nappe phréatique : peu exploitée car ces eaux sont très chargées et saumâtres ;
- Nappes profondes : dont les plus importantes, la captive du Hodna (133 millions m³/an) et d'Ain Irrich (8 millions m³/an).

II.1.1. La végétation

Le couvert forestier de la région de M'sila, couvre une superficie estimée de 132.000 ha y a compris le reboisement. Le pin d'Alep est l'espèce dominante, le genévrier et le chêne vert constituent l'espèce secondaire. Les forêts sont situées en zones montagneuses. Ce couvert forestier se caractérise par une extrême fragilité en raison des conditions climatiques et autres climat aride à semi-aride, hiver froid avec gelée chaude, érosion de sol, arrachage des arbres, incendies (HCDS, 2010).

La grande partie de la Wilaya est couverte par la steppe (environ 63% du territoire) formée essentiellement d'Alfa et d'armoïse. Au Nord, les parcours steppiques sont assez bien développés par contre au Sud, ils sont beaucoup plus dégradés. La végétation naturelle de la steppe est caractérisée par une couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée, bien que l'on rencontre sur les reliefs des formations forestières à base de Pin d'Alep associé au

Chêne-vert et au Genévrier. La flore à usage thérapeutique est relativement importante. Parmi les principales plantes figurent de nombreuses lamiacées (qui sont largement utilisées dans la pharmacopée locale), Astéracées, Fabacées et Zygophyllacées.

II.1.1.1. Le climat

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. En réalité, il existe une interférence entre climats, composition des communautés en particulier végétales-propre à un écosystème donné et nature des sols, d'où le typique climat, sol végétation (Ramade, 2003).

Le climat de la région de M'Sila est un climat de type continental, il est caractérisé par un été sec, très chaud et un hiver très froid. Les données climatiques exploitées sont issues de la station météorologique de M'Sila.

- **Paramètres d'étude**

Trois aspects ont été fondamentalement considérés :

- Les précipitations ont été étudiées en tenant compte des hauteurs moyennes mensuelles et annuelles.
- La température a été étudiée sous trois principaux aspects : la température moyenne mensuelle, la température moyenne mensuelle maximale et la température moyenne mensuelle minimale.
- La vitesse moyenne mensuelle et annuelle du vent.

Les données climatiques de la région avec lesquelles nous avons travaillé proviennent des données de la station météorologique de M'sila avec ces critères d'identifications (Latitude : 35°-40° Nord longitude : 04°-30° Est= altitude : 441 m) date d'ouverture Aout 1977, pour une période de (1995-2014).

- **Traitement des données**

Tous les traitements ont été réalisés à l'aide du support informatique, sur la feuille de calcul EXCEL 2007. Pour le traitement numérique des données, la caractéristique de valeur centrale pour le calcul des valeurs.

II.1.1.1.1. Les précipitations

Les calculs sont élaborés à partir de l'annexe N°1 (Tab 01). La figure N°05 montre que la région est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière. Les mois les plus pluvieux sont respectivement octobre, septembre et Avril. La quantité annuelle des pluies varie de 121 mm à 348 mm, et la moyenne annuelle est de 199,25mm (fig.06). La pluviométrie moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de mai (34 mm) et la plus basse est enregistrée durant le mois de juillet (7,33 mm).

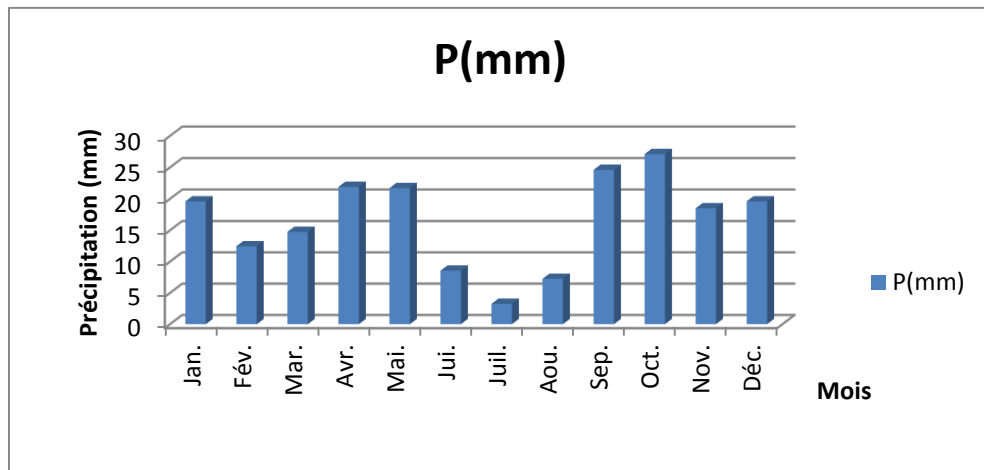


Fig. 05: Variations mensuelles des précipitations (mm) (1995-2014) SMM.

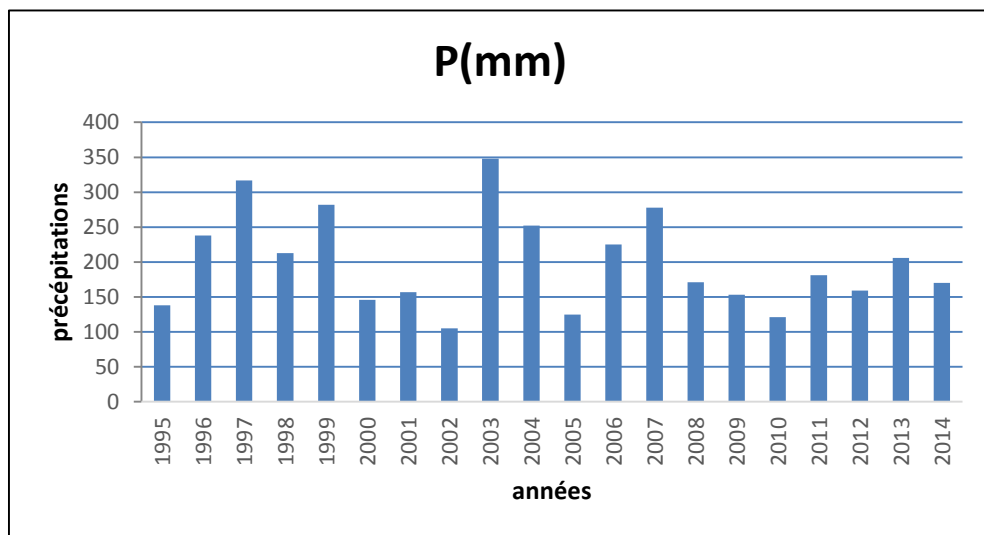


Fig. 06: Variations annuelles des précipitations (mm) (1995-2014) SMM.

Les précipitations durant cette période varient d'un mois à l'autre les principales pluies sont celles qui tombent en hiver par rapport à celles de l'automne et du printemps bien que ces dernières constituent un apport non négligeable. Quant à la période sèche, elle se prolonge durant tout l'été (Fig. 07).

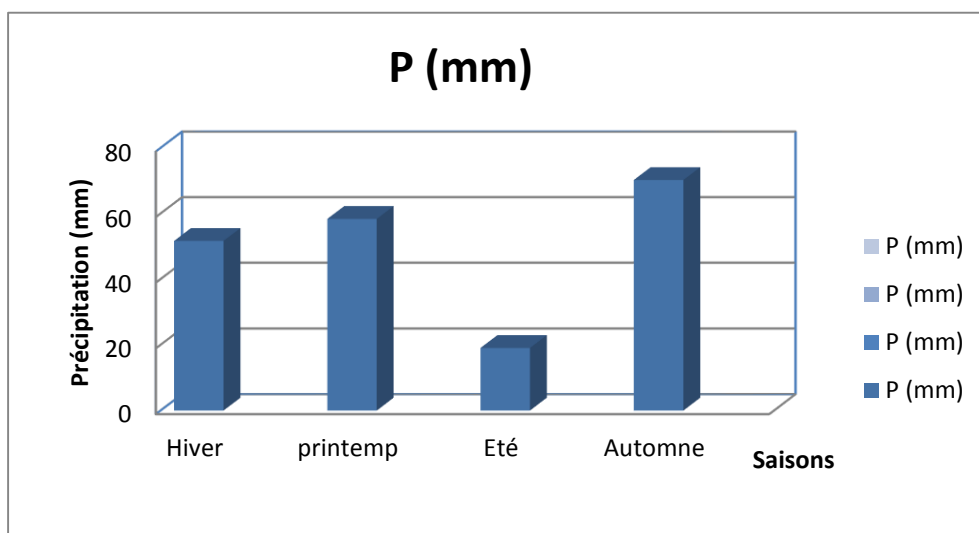


Fig. 07: Variation saisonnière moyenne des précipitations (1995-2014).

II.1.1.1.1. Régime saisonniers de précipitations

La répartition saisonnière des pluies montre que le premier maximum se situe en Automne le second se localise en Printemps, quant au minimum, il s'observe en Eté. Notre régime est du type APHE (Tab. 01)

Tab. 01: Régime saisonnier précipitations pour la période (1995-2014).

Saison	Mois	P (mm)	P saisonnières (mm)	P saisonnières en (%)	Régime saisonnier
Hiver	Décembre	19,6	51,65	25,92%	H
	Janvier	19,6			
	Février	12,45			
Printemps	Mars	14,75	58,35	29,28%	P
	Avril	21,9			
	Mai	21,7			
Eté	Juin	8,55	19,05	9,56%	E
	Juillet	3,25			
	Aout	7,25			
Automne	Septembre	24,6	70,2	35,23%	A
	Octobre	27,1			
	Novembre	18,5			
			199,25	100%	APHE

II.1.1.1.2. La continentalité pluviale

La continentalité pluviale est définie comme étant la concentration estivale des précipitations (Emberger, 1943). Elle est mesurée par le coefficient (C) d'ANGOT qui correspond au rapport des précipitations des six mois les plus chauds, aux précipitations des six mois les plus froids $C < 1$: climat méditerranéen.

Tab. 02: La continentalité pluviale de la région du M'sila (1995-2014).

Station	P des 6 mois les plus chauds	P des 6 mois les plus froids	C
M'sila	89,25	110	0,81

II.1.1.1.2. Les températures

La température est également un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétales. Elle conditionne en effet la durée de la période de végétation. La température représente 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'être vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Tab. 03: Températures moyennes, minimales, maximales de la période (1995-2014).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
T°CMax	19,48	21,855	27,245	21,705	36,02	41,435	43,84	42,835	38,42	33,035	25,365	19,495	30,89
T°C Moy	8,555	9,9	13,775	17,385	22,7	28,42	32,245	31,505	25,725	20,55	13,845	9,445	19,5
T°CMin	-1,505	-1,155	1,38	4,445	8,925	14,145	19,39	19,11	14,005	8,555	1,325	-2,36	7,19

Source: station météorologique de M'sila.

La température est un élément déterminant du rayonnement et du bilan énergétique. C'est aussi un paramètre capital dans la caractérisation des climats. De nombreux auteurs reconnaissent aux facteurs thermiques, -en particulier le froid-, une influence certaine de la répartition des espèces et sur leur vie. Dans une classification des climats (Emberger, 1936).

Les calculs sont élaborés à partir des annexes N°1 (Tab.02, 03 ,04). Les températures estivales les plus élevées sont celles des mois de juillet et août. Le mois le plus chaud est juillet (43,84 °C). Les températures hivernales les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre et janvier. La température moyenne mensuelle la plus basse est celle du mois de janvier (8,55°C). La température moyenne des maxima varie de 19,48°C (janvier) à 43,84°C(juillet), et celle des minima varie entre -1,805°C (janvier) à 19,39°C (juillet)(Fig.08).

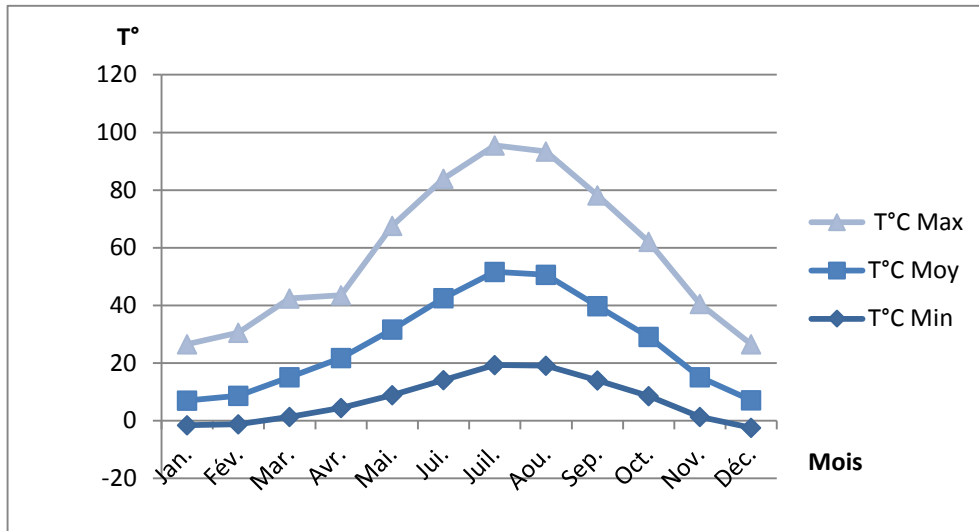


Fig. 08: Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes des maxima, et des minima (1995-2014) SMM.

II.1.1.1.3. Le vent

En général, selon la (Fig.09) les vents ont une vitesse plus ou moins faible, et ne dépassent pas 5 m/s. Les vents dominants de l’hiver et du printemps de direction nord-ouest sont relativement humides. Ceux de l’été soufflant de l’Est sont chauds et secs, et parfois accompagnés de sable (Annexe N°1, Tab.05).

L’écologiste chinois (Liu Shu, 1984) considère qu’il y a un risque sérieux de désertification lorsque la vitesse moyenne annuelle est de 2m/s à 3,8m/s au-dessus du sol. Ce chiffre est en accord avec celui retenu par la FAO (Boyadgiev, 1984) ce qui nous permet de dire selon le concept de ces scientifiques que notre région d’étude a une vitesse moyenne annuelle de 2,5m/s.

Tab. 04: Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en m/s (1995-2014).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
Vitesse de vent en (m/s)	3,9	4,2	4,5	5	4,7	4,5	4,4	4,1	3,7	3,7	3,9	4	4,22

Source: station météorologique de M’sila.

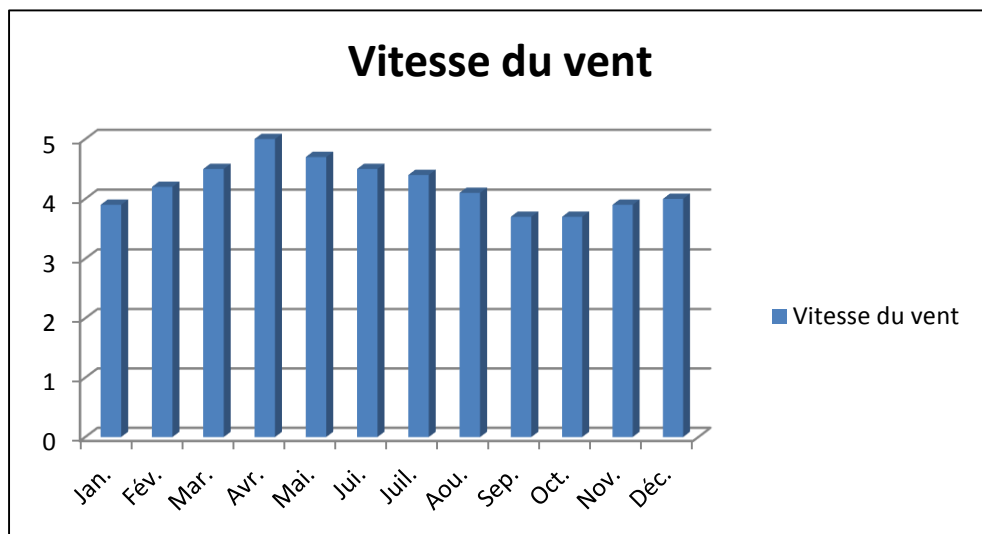


Fig. 09 : Vitesse moyenne mensuelle du vent m/s(1995-2014)

II.1.1.2. Synthèse Climatique

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique. Pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés. Les plus utilisés en région méditerranéenne sont :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен et le climagramme pluviométrique d'Emberger. Ces deux systèmes résument le bioclimat d'une station donnée par trois éléments fondamentaux du climat : précipitation (mm), températures maximales et minimales(C°).

II.1.1.2.1. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Bagnouls et Gausсен (1957) considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimées en mm est égale ou inférieur au double de la température exprimée en degrés Celsius ($P \leq 2T$).

Le diagramme ombrothermique (Fig.10) établi à partir du système de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) montre que la saison sèche s'étale presque sur toute l'année. Elle débute du mois de février jusqu'à fin novembre (un mois est considéré comme étant sec si la pluviosité (mm) est égale ou inférieure au double de sa température moyenne mensuelle).

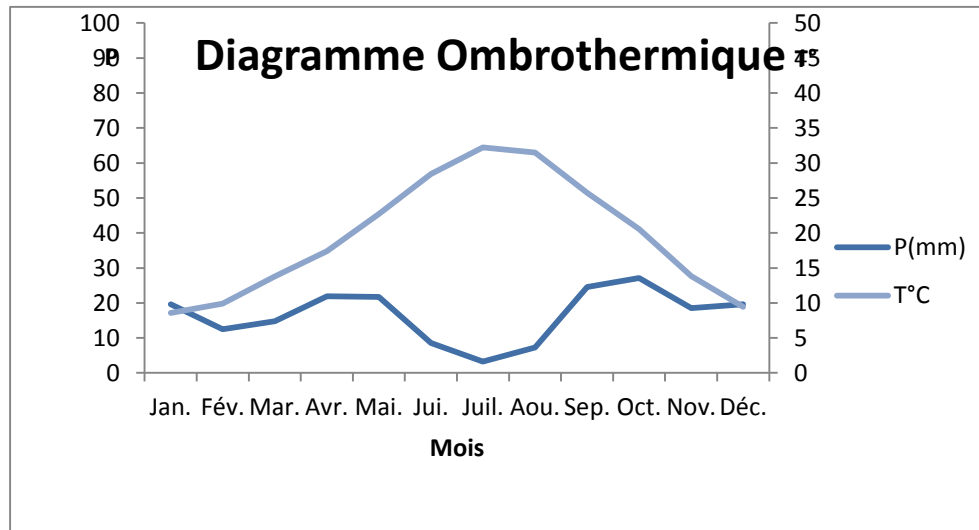


Fig. 10 : Diagramme ombrothermique de la région de M'sila pour la période (1995-2014).

II.1.1.2.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Le calcul du quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger est nécessaire pour déterminer l'étage bioclimatique d'une station. Notons d'abord que ce quotient, mis au point par Emberger (1955) et améliorée par Daget en 1977, n'est applicable qu'aux climats de type méditerranéen.

Le (Q_2) est déterminée par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat.

P : Pluviométrie annuelle en mm ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degrés kelvin ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degrés kelvin.

Il est donné par la formule suivante :

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

Tab. 05: Quotient pluviométrique d'Emberger de la région de M'sila (1995-2014).

Station/Paramètre	Pluviométrie annuelle en (mm)	M(C°)	m(C°)	Q_2	Etage bioclimatique
M'sila	199,25	43,84 Juillet	-2,36 Décembre	14,80	Aride à Hiver froid

Les étages bioclimatiques sont reconnus par référence à un climagramme comportant un réseau de lignes séparatrice dans un espace orthonormé par la moyenne de minima du mois le plus froid (m).

Après avoir reporté la valeur du Q_2 qui est égale à 14,80 sur le climagramme, nous remarquons que la région de M'sila appartient à l'étage bioclimatique Aride à Hiver froid.

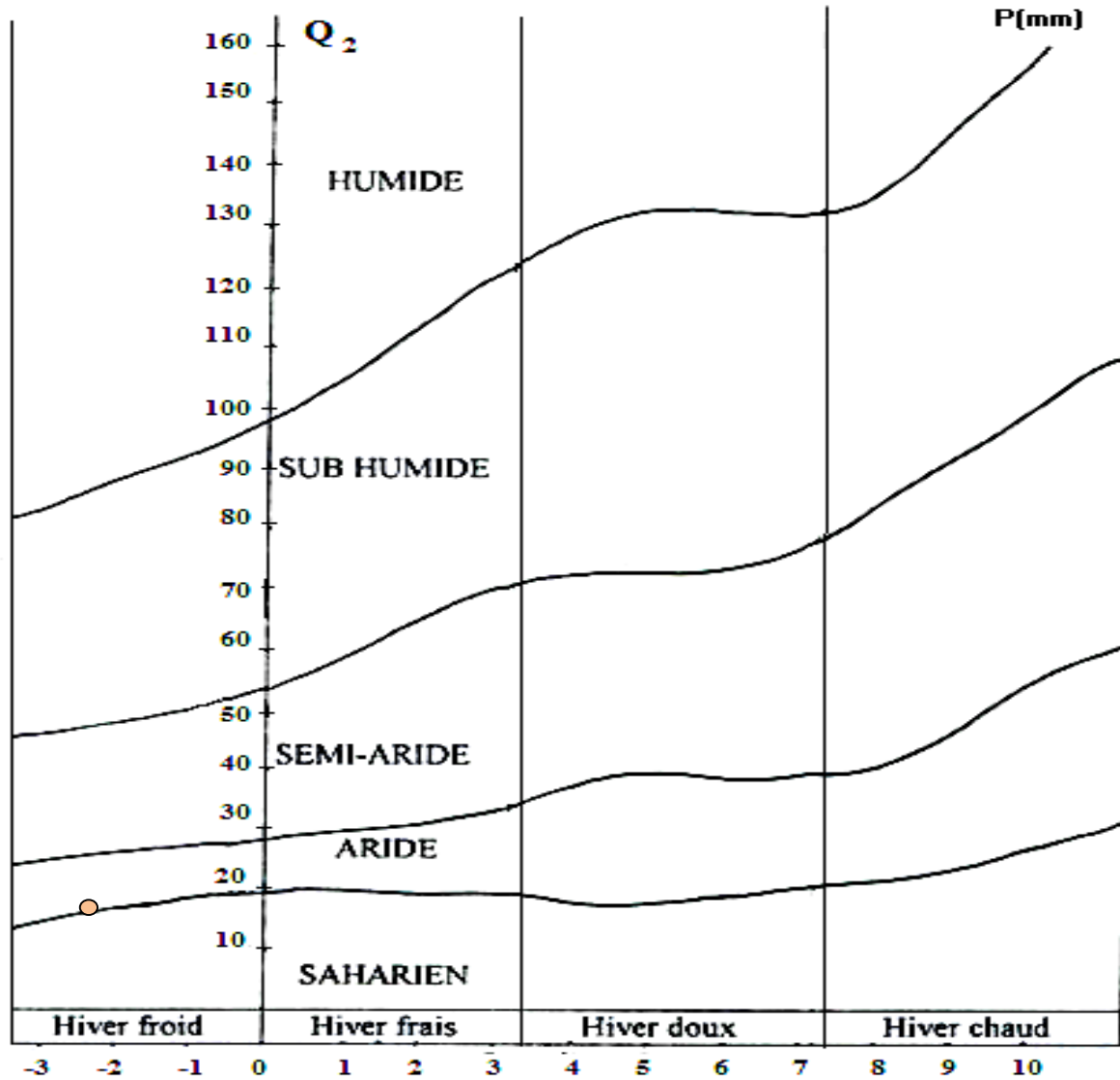


Fig. 11 : Climagramme d'emberger.

II.1.1.2.3. Indice de sécheresse estivale (Emberger, 1942)

Cet indice est utilisé en complément du régime pluviométrique pour caractériser le climat méditerranéen. Il est exprimé par le rapport de la pluviosité estivale (PE) à la moyenne des maximums du mois le plus chaud (M). Selon cet auteur, l'indice de sécheresse estivale ne doit pas excéder la valeur 7 pour le climat méditerranéen.

PE	M	ISE
19,05	43,84	0,43

La valeur obtenue pour la station de référence est inférieure à 7 ; ce qui indique pour M'sila une sécheresse estivale bien marquée donc son appartenance au climat méditerranéen.

II.1.1.2.4. Indice d'aridité de Martonne (1923)

La formule de calcul de cet indice est la suivante : $IAM = P/T + 10$

P : Pluviométrie annuelle moyenne (mm)

T : Température annuelle (C°)

Tab. 06: Valeurs de l'indice d'aridité.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < Im < 5$	Hyper-aride
$5 < Im < 10$	Aride
$10 < Im < 20$	Semi-aride
$20 < Im < 30$	Sub-humide
$30 < Im < 55$	Humide

De Martonne (1923) a proposé une formule caractérisant la saison sèche, il est plus élevé que le climat est moins aride.

Notre station de référence :

P=199,25 ;

T=19,50 ;

IAM=6,75.

IAM<10 donc notre station est de type Aride.

II.2. MATERIELS ET METHODES

Cette partie a pour but de présenter les expériences réalisées sur les semis du pin d'Alep sous l'influence des hautes et basses températures. Un des objectifs de ce travail est de déterminer l'éventail thermique du pin d'Alep et sa réaction éco-physiologique vis-à-vis au stress thermique par la quantification de marqueurs biochimiques.

II.2.1. Matériel végétal

Les plantes utilisées pour cette étude sont des semis pin d'Alep (*Pinus halpensis* Mill) âgés de neuf mois fournie par la pépinière d'El –Hamadia située 17 km au sud de la ville de Bordj Bou Arreridj. Les plantes sont repiquées dans des pots à base de sol issu de cette pépinière et arrosées régulièrement.

II.2.2. Traitements thermiques appliqués

Après l'étude bioclimatique de M'sila, on a sélectionné la gamme de températures suivantes : 38°C, 40°C, 44°C et 50°C pour les hautes températures et -2°C pour les basses températures. Les semis sont transférés à ces températures pendant une durée de 3 heures dans une étuve pour les hautes températures et dans une congélateur pour les basses températures. Après chaque stress, l'analyse biochimique est réalisée au niveau des différents organes des semis de pin d'Alep (aiguilles de la première et la deuxième pousse de croissance, tiges et racines),

II.2.3. Paramètres biochimiques

- Dosage des pigments chlorophylliens : la méthode utilisée est celle de Mac Kinney (1941) (Annexe N°2).
- Dosage des protéines : par la méthode de Lowry (1951) (Annexe N°2).

II.2.4. L'étude statistique

Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel 2007. L'analyse de variation est utilisée de façon à mettre en évidence des différences entre traitements pour un paramètre donné, et pour dégager les effets des principaux facteurs.

CHAPITRE (III)
RESULTATS ET
DISCUSSION

III.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES DE PIN D'ALEP AU STRESS THERMIQUE

III.1.1. Traitements thermiques à haute température

III.1.1.1. Les protéines

Dans la figure N°12, Les résultats obtenus après le dosage des protéines, effectué sur les organes des semis de pin d'Alep, montrent une différence d'accumulation en fonction des traitements thermiques appliqué.

De ce fait les teneurs les plus élevées sont enregistrées pour les plants traités thermiquement à 50°C avec des taux d'augmentation qui varient de 520.68% à 870.50%, alors que les teneurs chez les plants traités à la température 38°C sont faibles par rapport aux autres traitements thermiques (soit un taux d'augmentation de 222,53% pour les aiguilles des

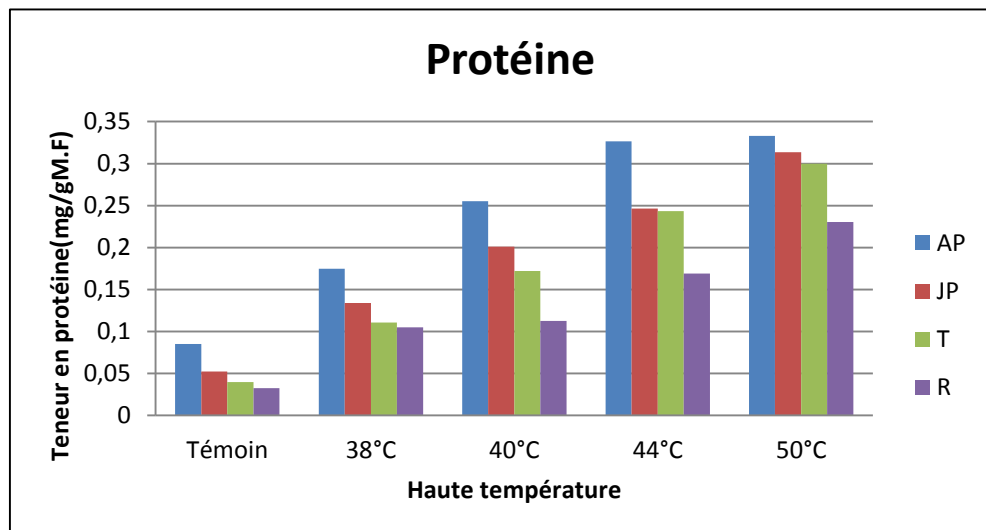


Fig. 12: Variation des teneurs en protéines dans les différents organes des semis du pin d'Alep en fonction du traitement thermique à haute température.

anciennes pousses, 209, 33% pour les aiguilles des jeunes pousses, 234,74% pour les tiges et 348,27% pour les racines).

III.1.1.2. La chlorophylle

- **La chlorophylle (a)**

La diminution des teneurs en pigments chlorophylliens au niveau des aiguilles des semis de pin d'Alep s'accroît avec le traitement thermique appliquée 50°C, cette baisse des teneurs en chlorophylle (a), décelée dans les tissus photosynthétiques peut atteindre respectivement -77,18 et -81,48 %, dans les aiguilles des pousses adultes et jeunes pousses. De ce fait, le stress thermique tend donc à induire une chute caractéristique de la teneur en chlorophylle "a" dans les aiguilles des semis de pin d'Alep(Fig.13).

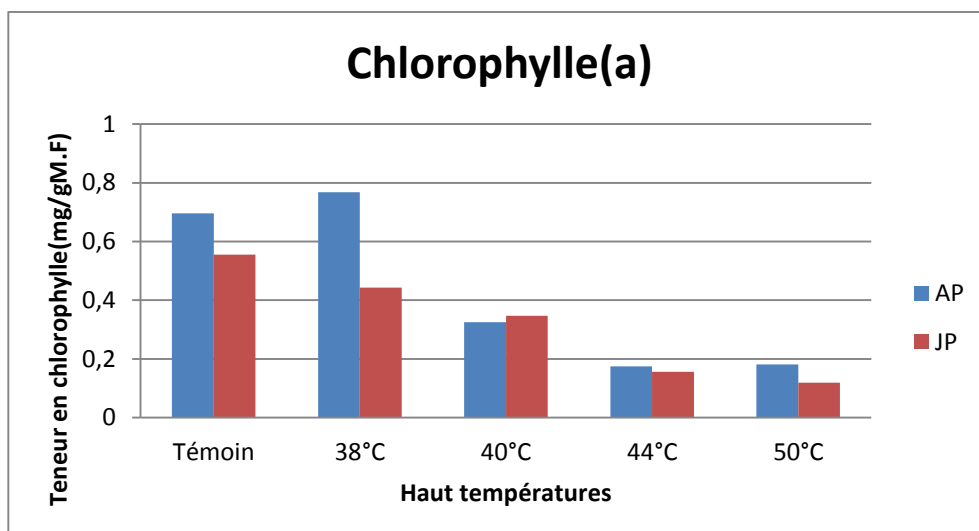


Fig. 13: Variation des teneurs en chlorophylle (a) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.

- La chlorophylle (b)

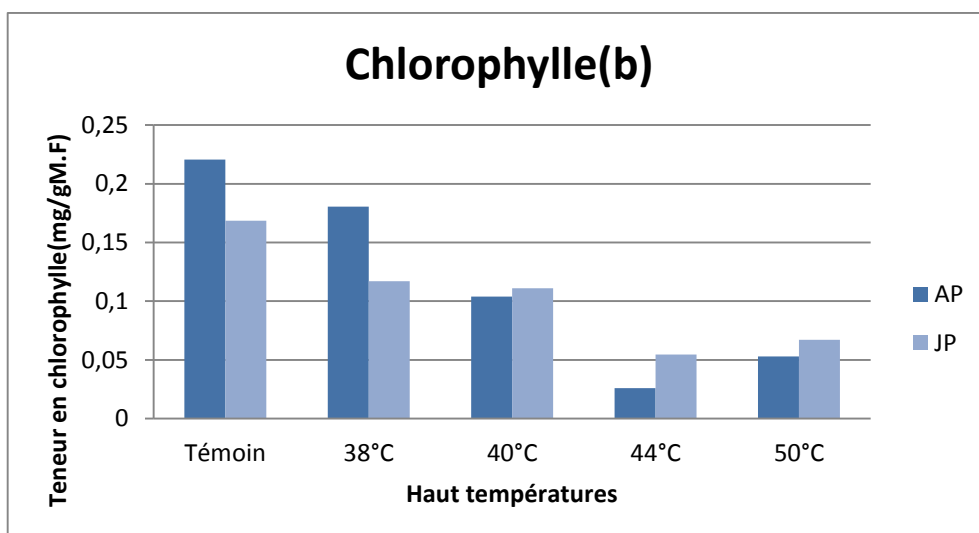


Fig. 14: Variation des teneurs en chlorophylle (b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.

D'après la figure 14, on constate que l'augmentation des températures semble être relativement proportionnelle à la baisse des teneurs en pigment chlorophyllien (b) au niveau des aiguilles des semis de pin d'Alep. Les teneurs les plus faibles sont enregistrées après l'application du traitement thermique à 44°C avec un taux de réduction de -89,23% pour les aiguilles des anciennes pousses et de -69,17% pour les aiguilles des jeunes pousses.

- La chlorophylle totale (a + b)

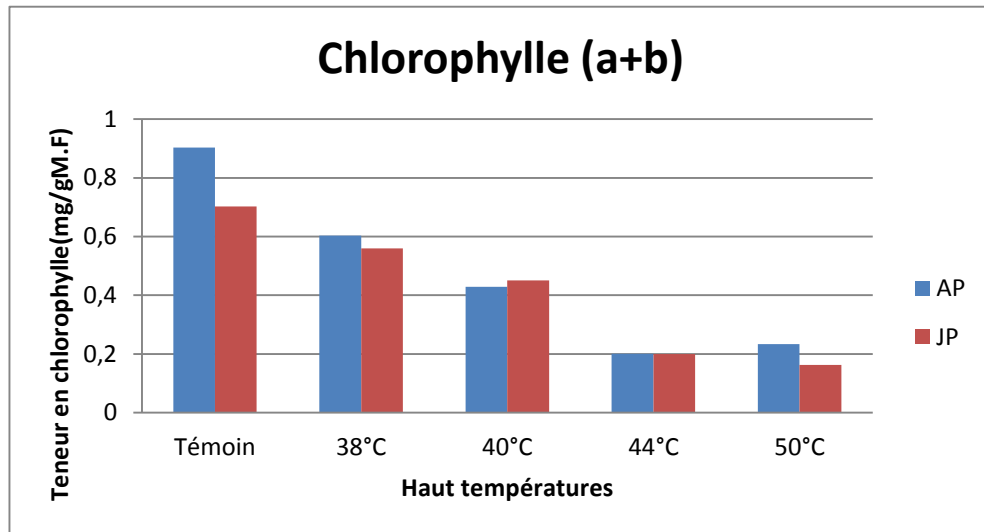


Fig. 15: Variation des teneurs en chlorophylle totale (a + b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.

Les teneurs en chlorophylle totale au niveau des aiguilles des semis de pin d'Alep dépendent aussi des températures appliquées (Fig.15). Après les traitements thermiques à haute température, les teneurs en chlorophylle totale au niveau des tissus photosynthétiques baissent, tout en restant inférieures à celles enregistrées pour le témoin.

De ce fait les teneurs les plus faibles sont affichées au niveau des aiguilles des anciennes pousses à 44°C accusant une diminution de 79,60%, alors que les aiguilles des jeunes pousses présentent des teneurs plus faibles à 50°C avec un taux de réduction de l'ordre de 78.19% par rapport au témoin.

- La chlorophylle a /b :

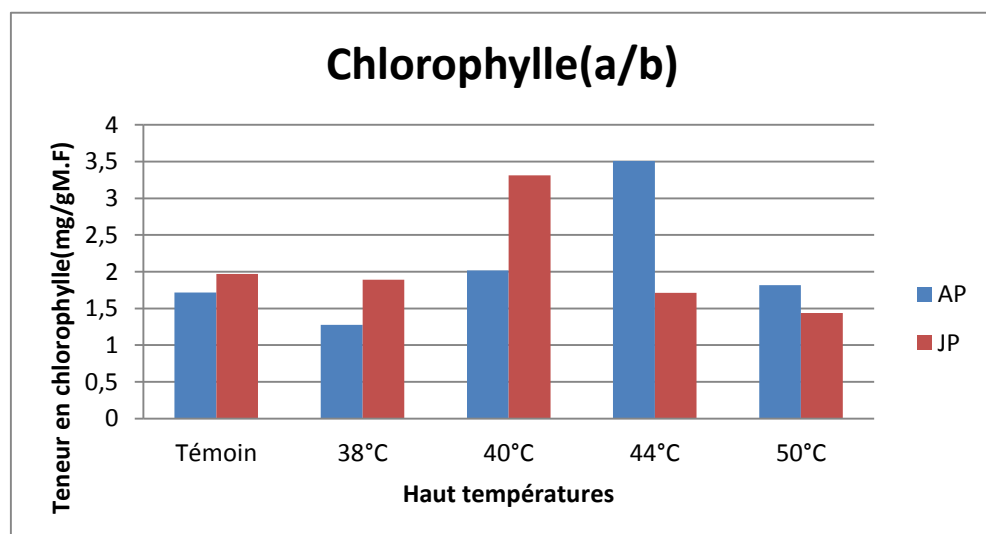


Fig. 16: Variation des teneurs en chlorophylle totale (a / b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à haut température.

Les résultats présentés sur la figure 16 montrent les variations du rapport chlorophylle (a) sur la chlorophylle (b) en fonction des traitements thermiques à haute température.

Chez les aiguilles des jeunes pousses ce rapport a diminué de presque 13,84 % pour les températures 38°C et 8,85% à 40°C, de 15,07% à 44°C et de 40,39% à 44°C. Cependant ce rapport a augmenté chez les aiguilles des anciennes pousses pour tous les traitements à l'exception de la température 38°C.

L'analyse de la contenance de la chlorophylle dans les aiguilles des semis de pin d'Alep, montre non seulement les changements quantitatifs sous l'influence des conditions stressantes, mais aussi le changement de la proportion chlorophylle(a) / chlorophylle (b). Cette proportion change modérément dans les plants étudiés, mais on observe une tendance à l'augmentation de la chlorophylle(a). Cela atteste de la résistance relative des semis à l'influence des hautes températures. Les modifications de la quantité et de la proportion des chlorophylles peuvent marquer le degré de tolérance à la contrainte thermique.

III.1.2. Traitements thermiques à basse température

III.1.2.1. Les protéines

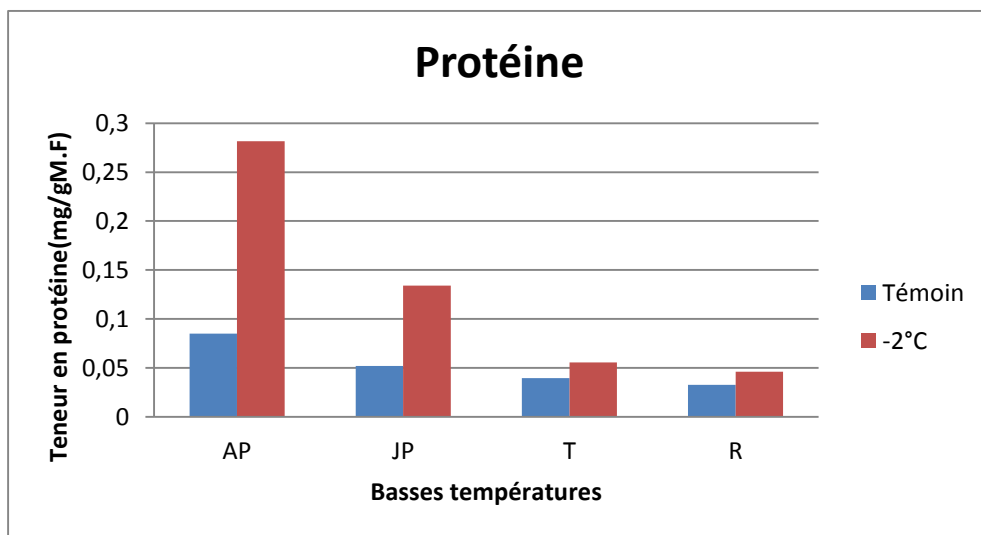


Fig. 17: Variation des teneurs en protéines dans les différents organes des semis du pin d'Alep en fonction du traitement thermique à basse température.

L'accumulation des protéines dépend étroitement du traitement thermique appliquée et de la nature de l'organe (Fig.17). En termes de teneur, les racines accumulent moins de protéines que les tissus caulinaires et foliaires à -2°C, ces teneurs dans les racines sont estimées à 0.118 ± 0.054 mg/g MF soit un taux d'accumulation de 83,83 % par rapport

au témoin, tandis qu'au niveau des tiges et des aiguilles jeunes et adultes, elles dépassent 0.146, 0.268 et 0.449 mg/g MF, respectivement.

III.1.2.2. La chlorophylle

- La chlorophylle (a)

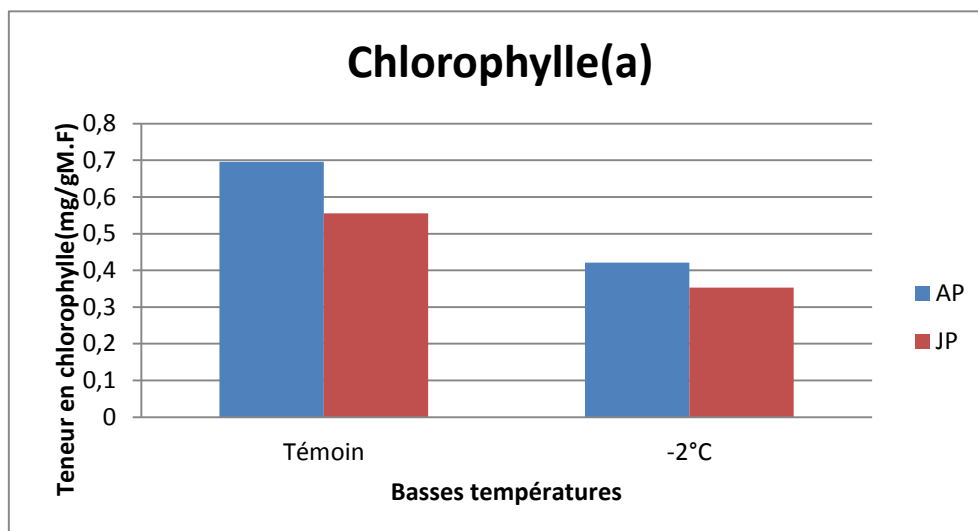


Fig. 18: Variation des teneurs en chlorophylle (a) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.

L'examen de la figure 18 montre que, dans les aiguilles des semis de pin d'Alep, le contenu en chlorophylle (a), diminue fortement dès l'application du traitement thermique à basses températures. En effet, après un traitement à -2°C, on note une baisse de la chlorophylle (a) de 43,001% au niveau des anciennes pousses et de 36,53% au niveau des jeunes pousses par rapport au témoin.

- La chlorophylle (b)

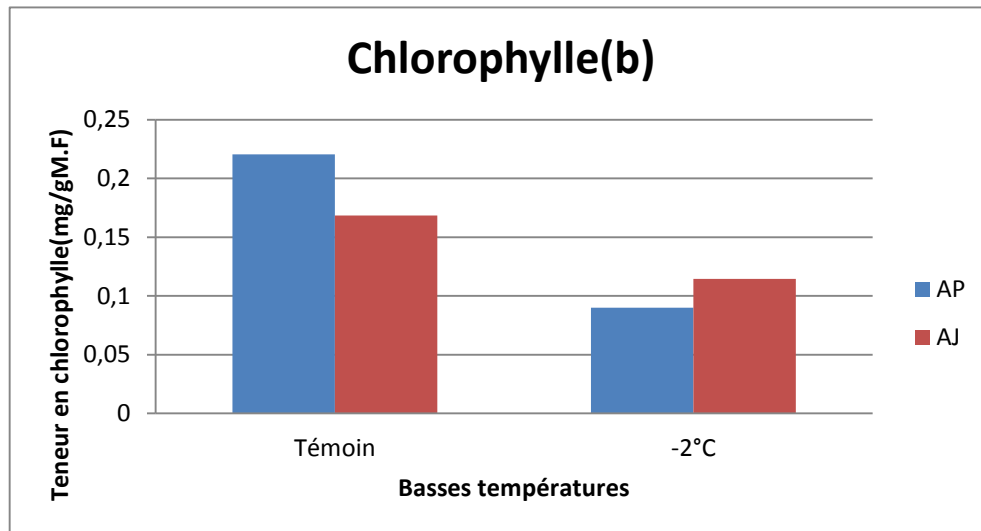


Fig. 19: Variation des teneurs en chlorophylle (b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.

L'application des traitements thermiques à basses températures entraîne une chute des teneurs en chlorophylle (b) au niveau des aiguilles des semis de pin d'Alep qui restent toutefois inférieurs à celles enregistrées chez les plantes témoins (Fig.19). On observe après l'application du traitement thermique à -2°C les taux de diminution allant de 60,29% pour les aiguilles des anciennes pousses à 36,49% au niveau des jeunes pousses.

- La chlorophylle totale

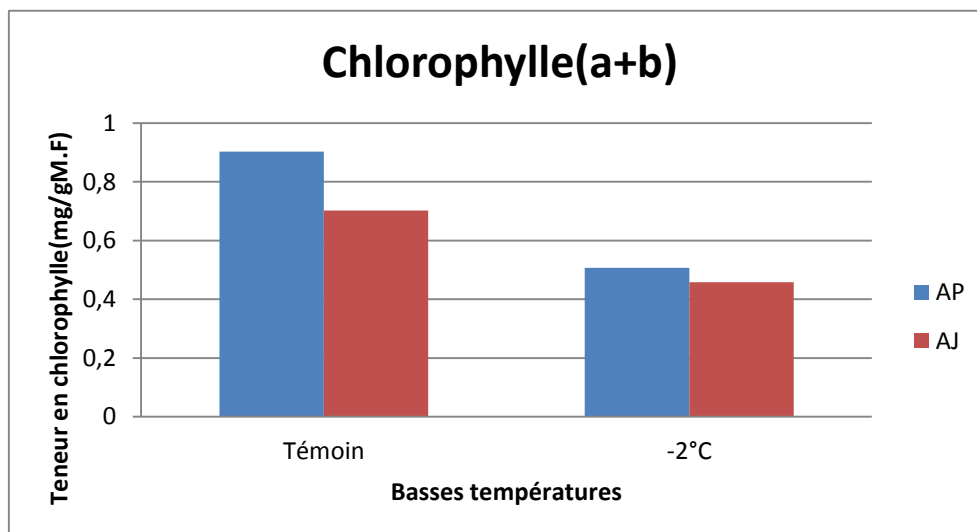


Fig. 20: Variation des teneurs en chlorophylle (a+ b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.

Comparativement aux plants témoins, on observe pour les traitements thermiques -2°C , une diminution des teneurs en chlorophylle totale chez les aiguilles des deux pousses de croissance (Fig.20).

- **La chlorophylle a /b**

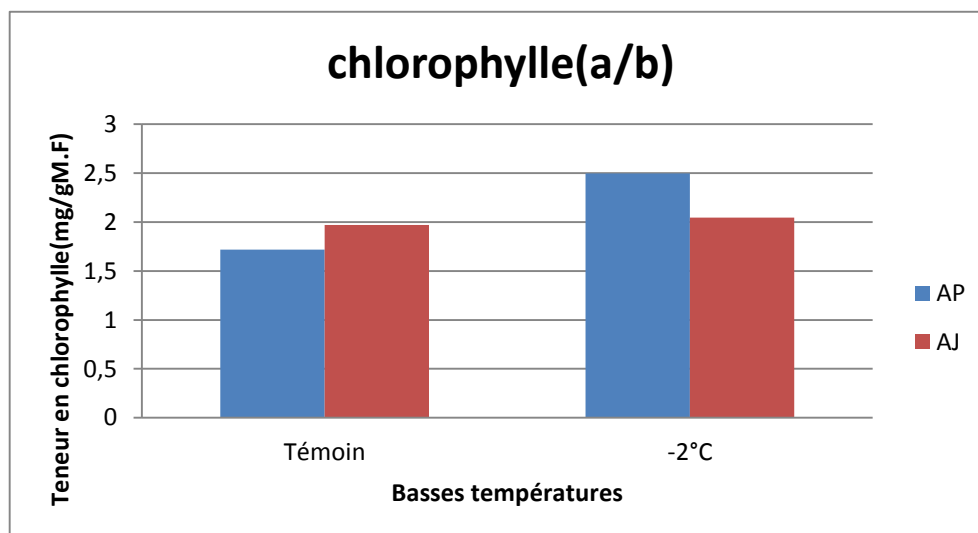


Fig. 21: Variation des teneurs en chlorophylle (a/ b) dans les aiguilles des anciennes et des jeunes pousses des semis de pin d'Alep en fonction des traitements thermiques à basse température.

Les résultats présentés sur la figure 21 montrent les variations du rapport chlorophylle (a) sur la chlorophylle (b) en fonction des traitements thermique à basse température. Le traitement à -2°C ont montré une augmentation de 43 et 2% au niveau des aiguilles des anciennes et jeunes pousses successivement.

Donc, on peut dire que les semis stressés réagissent par une baisse de leur teneur en Chlorophylle totale et une augmentation du rapport chlorophylle a/chlorophylle b.

III.2. DISCUSSION

Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation du pin d'Alep aux contraintes thermiques, deux expérimentations ont été réalisées sur les semis, l'une par l'application des traitements thermiques de hautes températures, l'autre de basses températures avec le suivi de sa réponse éco-physiologique aux variations thermiques à partir des marqueurs biochimiques tels que la protéine et la chlorophylle.

Les traitements thermiques à haute température, les semis de pin d'Alep ont répondu aux conditions de stress thermique par une hausse dans le niveau des protéines aussi bien pour les aiguilles des anciennes pousses qu'au niveau racinaire. De ce fait les teneurs les plus élevées sont enregistrées pour les plants traités thermiquement à 50°C avec des taux d'augmentation qui varient de 520,68% à 870,50% respectivement au niveau des anciennes pousses et des racines, alors que les teneurs chez les plants traités à la température 38°C sont faibles par rapport aux autres traitements thermiques.

Cette augmentation est due à une activation d'un ensemble de gènes permettant la synthèse des protéines spécifiques associées aux stress tel que les protéines (LEA) qui assurent une protection de l'ensemble vitale des protéines cellulaires et les protéines de choc thermique (HSP) qui permettent un maintien des structures protéiques et membranaires de la cellule végétale (Baker *et al.*, 1988).

Nos résultats sont confirmés avec celles de Zivy (1987) qui indique qu'une trentaine de HSP sont synthétisées systématiquement en réponse à un choc thermique de 3 heures chez le blé tendre.

Les résultats de nombreuses études laissent supposer que les HSP sont impliquées dans des mécanismes de tolérance à hautes températures (Lindquist, 1986; Nagao, 1989). Ainsi Downs *et al* (1998) montrent que, chez une grande variété des plantes, la production des HSP de faible poids moléculaire est corrélée à la capacité de tolérer la chaleur.

Pour la chlorophylle, la diminution des teneurs en pigments chlorophylliens au niveau des deux pousses des semis de pin d'Alep s'accroît avec le traitement thermique à haute température. Cette baisse des teneurs en chlorophylle totale, décelée dans les tissus photosynthétiques, peut atteindre -77,80% pour le traitement thermique à 50°C.

Nos résultats concordent avec ceux de Graham et McDonald (2001), partir de travaux réalisés sur deux génotypes de blé soumis à un stress thermique, qui montrent que la haute température a réduit la concentration en chlorophylle des deux génotypes.

Les hautes températures accélèrent le dessèchement des feuilles et interviennent aussi spécifiquement sur la physiologie, notamment en inhibant la photosynthèse puis en dégradant

les pigments, en particulier les chlorophylles (Bréda et Dreyer, 2003). Parmi les causes possibles expliquant cette inhibition, la destruction des membranes thylakoédiennes cellulaires. C'étaient donc bien les processus se déroulant à l'intérieur du chloroplaste qui seraient endommagés par les températures élevées (Cornic, 2007).

Pour le traitement thermique à basse température ont un effet significatif sur les paramètres biochimiques mesurés. L'accumulation (protéine et chlorophylle) dépend étroitement du traitement thermique appliqué et de la nature de l'organe.

Le résultat de traitement thermique à -2°C montrent que l'accumulation des protéines au niveau des différents organes. La teneur la plus élevée est observée chez les anciennes pousses.

Un grand nombre de protéines induites par les stress environnementaux ont la caractéristique d'être thermostables et plusieurs d'entre elles ont été identifiées chez les graminées. La suite de l'exposition. Des températures froides (Lin et Thomashow, 1992). Le rôle cryoprotecteur de ces protéines proviendrait de la protection contre la déshydratation cellulaire, du maintien du transport des métabolites cellulaires et de la protection de l'intégrité de certaines protéines (Houde *et al.*, 1995).

Toutefois, une augmentation de la concentration des protéines totales durant l'endurcissement au froid a été documentée chez plusieurs plantes (Davis et Gilbert, 1970 ; McKenzie *et al.*, 1988). En plus de représenter une réserve azotée assurant la reprise printanière, les protéines pourraient jouer un rôle important dans la tolérance au gel des plantes pérennes.

Pour les teneurs en chlorophylles, après l'application de traitement thermique à basse température, on note une baisse de la chlorophylle totale par rapport au témoin. Cette diminution s'accroît au fur et à mesure que la température appliquée à -2°C elle atteint 43% pour les anciennes pousses et 36,53% au niveau des jeunes pousses.

Lors d'un éclaircissement intense, le froid peut causer des dégâts au niveau des membranes de thylakoides en provoquant une inhibition de la synthèse des chlorophylles et une dégradation des pigments photorécepteurs (Havaux et Lannoye, 1985).

CONCLUSION

CONCLUSION

Le suivi de l'état physiologique de Pin d'Alep sous un stress environnemental est essentiel pour une meilleure productivité des cultures.

Ce travail basé sur la caractérisation de la réponse des semis de pin d'Alep aux le stress thermique appliqué (basse et haute température) par rapport la production et la quantification des marqueurs biochimiques tell que la protéine et la chlorophylle.

Le dosage de la protéine a montré que les basses et les hautes températures appliquées ont entraîné l'accumulation dans le niveau des protéines totales aussi bien au niveau des aiguilles des anciennes pousses qu'au niveau des racines. Donc l'accumulation des protéines dépend étroitement du traitement thermique appliqué et de la nature de l'organe.

Mais, le dosage la chlorophylle, les hautes et les basses températures entraînent une chute progressive en pigments chlorophylliens. Cette diminution s'accroît avec l'intensité du traitement thermique appliqué.

D'après les marqueurs biochimiques, le pin d'Alep réagit positivement et fortement à la température de 50°C pour les températures chaudes et -2 °C pour les températures froides. On peut dire que le pin d'Alep est adapté aux variations thermiques extrêmes enregistrées dans la région de M'sila avec un éventail thermique compris entre -2°C et de 50°C.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Agence nationale pour l'aménagement du territoire(A.N.A .T).**plan d'aménagement de wilaya de M'sila Rapport de commencement. Tome I.211 p.
2. **Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A., Garchi S (2001).** Productivité du pin d'Alep en Tunisie: Table de Production. Annales de L'INGREF N° Special, pp. 239-246.
3. **Antoni T , Margarida T , Jari M (2004) :** growth and yield model for *Pinus halepensis* Mill .in Catalonia , north-east Spain. Forest Ecology and Management 203.p.49-62.
4. **Baker J., Steel CH et Dure IL (1988).** Sequence and characterization of LEA proteins and their genes from cotton. Plant *Mol Biol*, 11:277-291.
5. **Bentouati A (2006).** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) Du massif de de Ouled Yagoub (Khenchla-Aurès).Thèse Doctorat, Univ. Batna ,115p.
6. **Bernier A (1997).** Etude des caractéristiques structurales phosphore dépendent de la protéine.
7. **Boyadgiev T.G (1984).** Méthode provisoire de l'évaluation de la désertification. Mimeo. FAO Rome, 70p.
8. **Bréda Nathalie et Dreyer Erwin (2003).**Sécheresse et canicule : Conséquences sur les peuplements forestiers. Information santé des forêts. Département de la Santé des Forêts.p6.
9. **Brochiero F., Chandioux O., Ripert C., Vennetier M (1999).** Autécologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. Forêt Méditerranéenne, 20(2): 215-224.
10. **Bourion V L., Hénaut I., Murier et Jolaine N., Salon C (2003).** Cold acclimation of winter and spring peas : Carbons partitioning as affected by light intensity. Europ. J. Agronomy. 19: 535-548.
11. **Bouzerzour et Monneveux P (1992).** Analyses des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux algériens. Les colloque 1992 ; Vol. 64, pp 205-15.
12. **Calamassi R., Falusi M., Tocci A (1984).** Effet de la température et de la stratification sur la germination des semences de *Pinus halepensis* Mill. *Silvae genetica*, 33 (4-5): 133-139.
13. **Chakroun M L (1986).** le pin d'Alep en Tunisie .options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 25-27.
14. **Cornic G (2007).** Effet des hautes températures sur la photosynthèse. Publication Février 2007. p42

15. **Daoui A, Douet J, Marchel R, Zerizer A (2007).** Valorisation du bois de pin d'Alep pour déroulage : optimisation de son étuvage ; bois et forêts des tropiques. n0 294 (4) .p. 53.
16. **Davis D L and W. B. Gilbert (1970).** Winter hardiness and changes in soluble protein fractions of bermudagrass. *Crop Sci.* 10: 7-9.
17. **Diehl F (1975).** Agriculture générale. 2ème édition. 392p.
18. **Downs CA., Heckathorn SA., Bryan JK., Coleman JS (1998).** The methionine-rich low-molecular-weight chloroplast heat shock protein: evolutionary conservation and accumulation in relation to thermotolerance. *Am. J. Bot.* 85, 175-183.
19. **D.S .A (2008).** Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'Sila Rapport sur la wilaya de M'Sila, 12 p.
20. **Emberger L (1936).** Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse* 46 :614-631 .
21. **Emberger L (1943).** Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull.Soc.Hist.Mat .Toulouse*, 78 :159-180.
22. **Emberger L (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Labo. Bot . Gol et Zoo. Fac. Sc. Montpellier.* pp 3-43
23. **FAO (2007).** Gestion des interactions environnement élevage. 20ème session, Rome (Italie), 25-28 avril 2007. p 15.
24. **Francelet A (1970).** Stimulation de l'ouverture des cônes de pins. Institut National de Recherches forestières Tunisien, Note technique 13: 2-3.
25. **Graham AW and McDonald G.K (2001).** Effects of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. *Publication ASA (Australian Society of Agronomy)*, 2001, 2 (2), 119-132.
26. **Haffane M (1982).** Contribution à l'étude du comportement de *Pinus halepensis* dans les reboisements de Zoumi Mokkrissat. Mémoire 3 cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.
27. **Halitim A (1985).** Contribution à l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie).
28. **Havaux Michel et Lannoye Robert (1985).** Effets des basses températures positives sur les réactions photochimiques primaires de la photosynthèse du maïs (*Zea mays L.*, cv. LG). *Agronomie*, 1985, 5 (4), 331-337.
29. **Havaux M (1993).** La Fluorescence de la chlorophylle in vivo : quelques concepts appliqués à l'étude de résistance de la photosynthèse aux contraintes de l'environnement. In tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétal .Colloques, 64.pp 19-29.

30. **H.C.D.S (2010)**, Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Les potentialités agropastorales de la steppe algérienne : Requêtes cartographiques, analyse et interprétation de l'information géographique. H.C.D.S. et B.N.E.D.E.R., Djelfa, 80 p.
31. **Hopkins WG (2003)**. Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.
32. **Houde M., Daniel C., Lachapelle M., Allard F., Lalibert S., and Sarhan F (1995)**. Immunolocalization of freezing–tolerance–associated proteins in the cytoplasm and nucleoplasm of wheat crown tissues. *Plant. J.* 8: 583-593.
33. **Kadik B (1987)**. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) En Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed. OPU. Alger., 581p.
34. **Khelil A (1997)**. L'écosystème steppique : quel avenir ?. Edition DAHLAB Alger. 184p.
35. **Kudagamage C., Indra J., Fernando S., Samarasinghe JA., Junawardesa DS., Wijesundera L., Amarasinghimal D., Chandrasiri., Attanayake C (2007)**. Mung bean: *Vigna radiata*. Department of agriculture, Sri Lanka (DOASL), All rights reserved- Developed in Sri Lanka association with information and communication technology agency of Sri Lanka (ICTA).
36. **Lahouati R (2000)**. Expérience des Plantations en Climat Aride. Cas de la Ceinture Verte en Algérie. Direction Générale des forêts, Ministère de l'Agriculture, Alger.
37. **Laszlo A (1992)**. The effects of hyperthermia on mammalian cell structure and fonction. *Cell profil*; 25,59,87.
38. **Laurent B., Ahmed B (1991)**. La germination des semences en condition sèche. *Science et changements planétaires/ Sécheresse*. Vol. 2, pp 239-49.
39. **Lowry O H., Rosebrough N J., Farr A L., Randall R J (1951)**. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
40. **Lin C and Thomashow M F (1992)**. DNA sequence analysis of a complementary DNA for cold – regulated *Arabidopsis* gene *cor 15* and characterization of *COR 15* polypeptide. *Plant physiol.* 99: 519-525.
41. **Lindquist S (1986)**. Heat shock response. *Ann Rev, biochem* ; 55 : 15 -91.
42. **Liushu (1984)**. Application of ecological principes to rehabilitation of desertified lands as exemplified by the arid steppe in Eastern Mongolia. Mimeo proceed. Symposium AAAS/CAST. Desrt INS. Lanzhou. China, 16p.
43. **Mac Kinney G (1941)**. Absorption of light by chlorophyll solution .*Biol. Chem.*, 140.315-322.
44. **Maestre F.T., Cortina J (2004)**. Insights into ecosystem composition and function in a sequence of degraded semiarid steppes. *Restoration Ecology* 12: 494-502.

- 45. Mazliak P (2000).** Physiologie végétale. Tome I. Edition Heremann. ISBN: 2705659439.p 521.
- 46. Mckenzie J. S., Paquin R., and Duke S. H (1988).** Cold and heat tolerance. In: Hanson, A, Barnes, D. K., and Hill, R. R., Jr (éds) Alfafa and alfafa improvement. Agronomy monograph No. 29, ASA, Madison, WI, pp. 259-302.
- 47. Nahal I(1962).** Le pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.).Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Ann. Ecole eaux et forêts. Sta. Rech. Exp.19(4), 208p.
- 48. Nahal I (1986).** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. Série Etude CIHEAM86/1, pp. 1-9.
- 49. Nagao R.T (1989).** The heat shock responce in plants : Short-term heat treatment regimens and thermotolernce. Envir. Stress in plants. Series G : Ecolo. Sciences ; 19 131-42.
- 50. Nicault A., Rathgeber C., Tessier L., Thomas A (2001).** Croissance radiale et densité du bois du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) en relation avec les facteurs climatiques. Analyse in situ de la mise en place du cerne. Ann. For. Sci .58: 769-784.
- 51. Nover L., Hellmend D., Neumann D., Sharf K., Serfling E (1991).**Heat shock reponse of eukaryotic cells.Veb Georg Thieme Leipzig,New York.
- 52. Oukarroum A (2007).** Vitalité des plantes d'orge (Hordeum vulgare L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université de Genève.
- 53. Ozenda P (2006).** Les végétaux : organisation et diversité biologique. Ed. Dunod (2ème éd.), Paris, 516p.
- 54. Parde J (1957).** La productivité des forêts de pin d'Alep en France. Ann., E.N.E.F et Sta. Rech. Exp., 15 (2) : 367-414.
- 55. Pouget M (1980).** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises (Algérie).
- 56. Quézel P (1980).** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans : Actualités d'Ecologie Forestière (éd : PESSON), édition Gauthier Villars, Paris, p. 205-256.
- 57. Quézel P (1986).** Les pins du groupe « halepensis ». Ecologie, végétation, Ecophysologie. CIHEAM- Option méditerranéenne, 86 (1) : 11-23.
- 58. Quézel P., Barbero M., 1992.** Le pin d'Alep est les essences voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. Forêt méditerranéenne, 8(3):158-170.

- 59. Quézel P (2000).** Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. Brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Eds., Néeman G., Trabauds L., Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1-12.
- 60. Ramade F (2003).** Elément d'écologie, écologie fondamentale .3^{ème} édition .Paris. 690p.
- 61. Ranjit K B., Amajit S., Basra C P M., Grover I S (1997).** Est-ce que les polyamines sont impliquées dans la protection des plantes Mung bean sous stress thermique ? Bot. Bull. Acad. Peche. 38 : 156-139
- 62. René H (1977).** Physiologie végétale. NUTRITION. Paris.
- 63. Serre-Bachet F (1976) a.** Les rapports de la croissance et du climat chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). I - Méthodes utilisés. L'activité cambiale et le climat. Acta Oecologica / Oecologica plantarum 2 (2) : 143-171.
- 64. Serre-Bachet F (1976) b.** Les rapports de la croissance et du climat chez le pin d'alep (*Pinus halepensis* Mill.). II – L'allongement des pousses et des aiguilles et le climat. Discussion générale. Acta Oecologica / Oecologica plantarum 2 (3) : 201-224.
- 65. Seigue A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 502 p.
- 66. Souleres G (1969).** Le pin d'alep en Tunisie. Ann. Ins. Hist. Nat. afr., Nord, Alger, 59(4) :23-36.
- 67. Sparkes D (2005). Plant:** Mung bean. Department of primary industries and fisheries. The State of Queensland 1995-2007. Queensland Government.
- 68. Station météorologique de M'sila 1995-2014,** les données climatiques.
- 69. Thebault L (2001).** La nutrition végétale : La plante et l'eau, la photosynthèse, interaction de la plante avec son milieu : Les adaptations.
- 70. Tripathy B C., Tawari A k (1998).** Temperature stress induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat. Plant physiol. 1 Vol. 17, 8
- 71. Zivy M (1987).** Genetic variability for heat shock proteins in common wheat. Theor Appl Genet, 74: 209- 13.
- 72. Site web1:** <http://www.tela-botanica.org>.
- 73. Site web 2 :** <http://www.msila-dz.org>. Site officiel de la wilaya de M'sila.

ANNEXES

ANNEXE N°1

Tableau 1: Bilan pluviométrique de 1988 à 2014.

Année	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1995	11	7	40	7	0	3	0	1	16	7	11	35	138
1996	62	26	32	23	46	6	7	3	3	0	6	24	238
1997	30	7	5	40	36	8	1	33	61	33	50	13	317
1998	10	18	10	46	60	8	0	2	39	6	9	5	213
1999	52	6	16	12	1	21	0	12	31	47	26	58	282
2000	0	0	5	3	25	2	2	2	54	15	7	31	146
2001	25	2	5	25	0	0	0	5	45	17	15	18	157
2002	11	6	1	05	5	0	2	16	7	13	26	13	105
2003	73	11	2	17	29	28	1	3	47	83	29	25	348
2004	5	5	31	36	75	10	2	29	11	8	11	29	252
2005	1	18	6	6	0	7	3	3	31	16	28	06	125
2006	26	50	1	14	26	3	29	5	20	0	29	22	225
2007	5	12	17	80	26	6	0	4	23	100	5	0	278
2008	5	05	6	00	16	6	2	3	35	57	10	26	171
2009	31	17	5	34	02	8	1	3	23	4	06	19	153
2010	7	32	21	21	03	3	2	6	04	11	08	3	121
2011	3	08	21	21	13	40	2	5	19	26	12	11	181
2012	0	02	31	21	04	1	0	1	04	59	27	9	159
2013	15	10	21	27	14	0	5	9	06	38	29	32	206
2014	20	07	19	00	53	11	6	0	13	2	26	13	170
Moy (mm)	19,6	12,45	14,75	21,9	21,7	8,55	3,25	7,25	24,6	27,1	18,5	19,6	199,25

Source: Station météorologique de M'sila

Tableau 2: Moyennes mensuelle et annuelles des températures minimales (1988-2014).

Année	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	plus basse
1995	-1,3	1	3,3	2,8	8,9	12,9	20,2	18	12	9,2	2,4	0,9	-1,3
1996	3,8	-1,6	1,8	3,9	6,9	12,4	18,4	16,5	11,5	6,5	1	-1,1	-1,6
1997	-0,6	2,2	3	4,9	6,8	12,7	19,3	17	14	6,9	-2	-1,9	-2
1998	-3,3	0,7	1,9	4	6,8	14	20,2	18,9	16	6	0,6	-3	-3,3
1999	0,2	-1	1,6	4,4	11,2	16,8	17,5	21,2	14,2	11,9	-0,2	-0,2	-1
2000	-2,8	-0,5	3,2	3	13	12,8	18,6	17,2	12,6	8,3	1	-1	-2,8
2001	-0,9	-0,8	1,9	5	8,4	16	19,8	21	15,6	13,1	3,4	-1,4	-1,4
2002	-1,8	0,2	4,8	6,8	8	12,2	15	16	13,9	8,6	3,2	1,6	-1,8
2003	1	-0,8	4,2	5,2	9,3	18,2	21,3	20,8	15,4	9	4,5	-2,3	-2,3
2004	-1,6	-0,2	0,2	4,1	4,7	13,4	17,2	19,5	11,2	7,3	1,2	-2,8	-2,8
2005	-7,1	-3,8	-2,4	3,1	9,5	13,7	20,9	15,3	11,9	10,1	-19	-30	-7,1
2006	-3,8	-0,2	1,4	4,7	13	7,7	21,3	17,6	11,5	10,8	4,8	-0,9	-3,8
2007	-0,3	-0,1	-0,6	4,2	9,1	12,2	17,8	19,3	14,1	6	-2,5	-1,9	-2,5
2008	-2	-1,5	-0,9	4	8,4	13,2	18,7	20,5	12,2	8,2	2	-0,8	-2
2009	0	-2	0,5	2,2	7	15,2	22	18,8	13	6,8	2,4	0,5	-2
2010	-2,2	-2,8	1,5	6,8	6,8	15,3	19,9	21,6	12,3	4,1	2	-4,1	-2,8
2011	-3,4	-1,9	0,7	7	9,4	13,5	18,3	19,8	16,4	8,4	5,4	-0,3	-3,4
2012	-2,9	-5	2,2	4	8,8	18,9	17,9	20,8	14,4	4,6	2,4	-1,2	-5
2013	-1,2	-3,2	-1,7	3,6	13,5	18,2	23,5	21,9	20,4	17,7	7,9	3,3	2,1
2014	0,1	-1,8	1	5,3	9	13,6	20	20,5	17,5	7,6	6	-0,6	-0,5
Moy	-1,505	-1,155	1,38	4,45	8,925	14,145	19,39	19,11	14,005	8,555	1,325	-2,36	-2,365

Source: Station météorologique de M'sila

Tableau 3: Moyennes mensuelles et annuelles des températures maximales (1988-2014).

Année	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Plus élevée
1995	19	23,6	26	26,7	35,8	40,1	41,8	43,1	37,3	30,7	27,5	18,8	43,1
1996	20,3	17,7	28,2	27,9	35,6	38,8	43,2	42,2	36,5	30,5	26	23,3	43,2
1997	19	24,4	25,5	29,3	37,5	43,7	45,2	43,5	38,5	32,4	22,5	17,2	45,2
1998	18,7	21,8	26,5	31,4	32	42,5	44,2	42,2	42,2	29,6	26,6	20	44,2
1999	18,3	22,7	25,5	34,1	41,7	43,3	43,3	44,7	37,4	31,8	25,7	19,6	44,7
2000	20,2	21,7	24,9	35,7	36,4	42,9	43,9	42	41,2	30,2	25,8	20,3	43,9
2001	18,6	21,4	33,8	31,6	38,2	41	43	41,7	39,2	34	26,1	20,7	43
2002	21,2	22,8	28,5	33,8	39,4	41,3	45,6	41,7	36,2	34	26,1	18,5	45,6
2003	20	17,8	24,8	36,8	35,7	42,6	45,1	42,8	40,4	39,3	28,6	18,4	45,1
2004	18,8	24,7	25,6	26,8	30	41,5	43,1	43,6	39,2	34,5	24,7	21,5	43,6
2005	20,2	21,4	32,8	33	37,2	41,9	46,2	44	36,9	32,4	28,3	18,6	46,2
2006	16,4	17,8	28,9	32,8	39,7	44,2	43,8	42,1	36,4	36,3	30,8	19,5	44,2
2007	22,6	22,3	27,7	28,8	36,9	44,1	42,2	42,2	36,8	34,7	21,4	20,8	44,1
2008	19,2	23,4	30,5	34,4	36,2	40,7	45,7	45	39,5	29,3	21,4	17	45,7
2009	18,3	18	25,4	28,7	37	39,8	45,2	43,4	40,8	32,7	27	22,8	45,2
2010	20	28,7	28,2	30,2	34	42,6	45,3	42,7	36,7	35	23,3	22,1	45,3
2011	20,3	20,4	25,6	33	36,1	41,3	43,6	44,6	41	30,9	22,6	18,8	44,6
2012	18,4	21,5	26,1	31,7	36,4	43,3	46,2	44,8	38,5	36	28,1	19,3	44,8
2013	21,3	19,6	26,8	34,1	27,4	34,1	38	36,1	33	29,6	18,9	14,2	38
2014	18,8	25,4	23,6	33,3	37,2	39	42,2	44,3	40,7	36,8	25,9	18,5	44,3
Moy	19,48	21,855	27,245	31,705	36,02	41,435	43,84	42,835	38,42	33,035	25,365	19,495	44,2

Source: Station météorologique de M'sila

Tableau 4: Moyennes mensuelles et annuelles des températures moyennes (1988-2014).

Année	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	total
1995	8,2	12,7	12,5	15,7	23,2	26,8	32	29,8	23,5	20	13,4	10,6	228,4
1996	10,4	8,5	12,6	16	20,9	25,1	30,3	29,6	23,5	17,6	13,5	10,6	218,6
1997	9,7	12,3	13,7	16,5	23,5	29,3	31,3	30,3	24,5	19,2	12,3	9,4	232
1998	8,9	10,8	13,3	16,8	19,6	28,8	32,4	30,5	26,1	17,3	13,1	8,3	225,9
1999	8,8	8,8	13,3	18,2	26,1	30	31,9	33,8	26,4	22,2	12,7	8,7	240,9
2000	6	10,4	14,8	17,9	25	28	32,4	31	26,2	18,5	13,9	10,1	234,2
2001	8,9	10	17,5	17,6	22,3	29,7	32,6	32	26	23,5	13,2	8	241,3
2002	7,9	11,2	15,4	18,3	23,3	29,7	31,5	30	25,3	20,6	14	10,6	237,8
2003	8,6	8,6	14	18,1	23,3	30	33,9	31,8	25,2	20,5	13,6	8,4	236
2004	8,4	11,1	13,9	15,5	18	26,9	31	31,6	25,1	21,5	12	9,3	224,3
2005	6,2	7,3	14,7	17,9	25,6	29,2	33,4	30,7	24,5	20,4	12,3	8,2	230,4
2006	7,1	8,3	14	19,7	24,8	29	31,7	30,7	24,4	22,5	14,6	9,6	236,4
2007	8,9	11,6	12,1	16,7	21,8	29	31,7	31,3	25,1	20,1	11,6	8,9	228,8
2008	9,1	11,6	13,5	18,4	22,6	27,5	32,7	31,8	25,6	19,1	12,1	7,8	231,8
2009	8,5	8,2	12,6	13,1	23,2	28,9	33,8	31,6	24,9	19,9	13,8	10,5	229
2010	9,7	11,2	14,1	17,9	20,2	27,6	32,6	31,6	25,8	19,1	13,2	9,2	232,2
2011	9,1	9,3	13	19	22,3	27,1	32	31,8	27,7	19,4	13,8	9,5	234
2012	8,3	6,6	13,7	16,3	24,1	31,3	33,9	33,7	26,6	20,8	14,5	9,2	239
2013	8,8	8	14	18,4	21	26,9	32	34	30	26,7	23,9	12,9	256,6
2014	9,6	11,5	12,8	19,7	23,2	27,6	31,8	32,5	28,1	22,1	15,4	9,1	243,4
Moy	8,555	9,9	13,775	17,385	22,7	28,42	32,245	31,505	25,725	20,55	13,845	9,445	234,05

Source: Station météorologique de M'sila

□

Tableau 5: Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent en m/s (1989-2014).

Année	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1995	3,3	3,3	2,8	2,8	3,3	3,9	4,1	5,1	4,1	3,4	4,1	3,7	43,9
1996	4,4	4,5	2,5	3,9	2,8	2,8	2,2	2,7	1,7	3,7	3	4,9	39,1
1997	4,4	3,5	3,5	4,5	5	6,3	6,2	5,4	3,7	3,8	4,3	4,9	55,5
1998	3,9	3,2	4,5	5,9	5,1	4,3	4,8	6,1	4,5	4,1	3,7	3,3	53,4
1999	4,3	4,8	4,6	5,4	4,7	4,5	4,6	3,9	4,5	3,7	4,2	4,3	53,5
2000	2,6	2,3	4,3	7	5,1	4,9	5,4	3,4	3,4	4,6	4,4	3,9	51,3
2001	5,2	4,7	5	5,1	5,5	5,5	5,1	4,1	4,3	3	3,4	3,4	54,3
2002	2,7	4,2	5	5,7	6,1	4,7	5,2	4,3	4,5	4,3	5,3	4,7	56,7
2003	4,3	4,6	4,2	5,8	3,3	4	4,9	4,1	4,5	4,6	4	5,1	53,4
2004	4,4	3,9	4,3	5,1	5,5	3,7	4,2	3,7	3,6	3,2	3,6	4,2	49,4
2005	4	4,1	4	5,8	5,1	4,6	5,2	4,7	3,6	3	3,6	3,2	50,9
2006	4	4	5	4,9	3,7	5,5	3	4	3,3	3,6	3,9	2,7	47,6
2007	2,7	4,9	5	4,5	4,9	5,3	4,2	3,9	3,2	4,1	3,8	4,6	51,1
2008	2,9	3,5	5,3	5,6	5,2	4,5	3,7	3,2	3,6	2,1	3,0	2,7	45,3
2009	3,9	4	4,1	4	4,3	3,3	3,7	3,3	3,2	3,4	3	4,3	44,5
2010	4,4	4,3	4,4	3,8	4,5	4,3	3	3,2	3,7	3,3	3,8	3,4	46,1
2011	3	5,1	4,3	4,4	4,7	4,3	4,5	3,3	3,8	3,3	3,8	3,8	48,3
2012	3,7	4,7	4,5	5,8	4,1	3,9	5	5,4	4,3	4,6	3,8	4,3	54,1
2013	5,2	5,3	6,7	4,8	6	5	4	4	4	4	5	3	57,0
2014	4,4	4,3	5,2	5,4	5	5	4	4	3,4	3,2	4,3	5,3	53,5
Moy	3,9	4,2	4,5	5,0	4,7	4,5	4,4	4,1	3,7	3,7	3,9	4,0	50,4

Source: Station météorologique de M'sila

ANNEXE N°2

1-Dosage des protéines

La méthode utilisée est celle de Lowry (1951). Elle consiste à prendre 2 g du matériel végétal (aiguilles de la première et la deuxième pousse de croissance, tiges, racines), le broyage est effectué dans 1ml de soude 1M. A la fin du broyage 3ml de soude sont ajoutés, puis laisser en contact pendant 1h30mn à la température ambiante. Transvaser le broyat dans un tube à centrifugeuse et rincer le mortier soigneusement avec 2ml de soude 1M. Le très fin broyat obtenu est centrifugé pendant 10 minutes à 4000RPM, puis le surnageant recueilli est ajouté à 10ml dans une éprouvette (avec NaOH 1M).

La méthode de Lowry (1951) consiste à préparer 4 solutions :

- Solution A : solution de Na_2CO_3 à 2% (dans NaOH 0.1N)
- Solution B : Tartrate double de sodium et de potassium à 2%(dans l'eau distillé).
- Solution C : sulfate de cuivre (CuSO_4) à 1% (dans l'eau distillé)
- Solution M : mélange de 3 solution : 50ml de solution A + 0.5ml de solution B + 0.5 de solution C

Ajouter à 1ml d'échantillon 5ml de la solution M, agiter et laisser repos. 10 minutes à température ambiante. Puis ajouter 0.5ml de réactif de Folin dilué 1/3 après le développement de la réaction colorée, on laisse l'échantillon à l'obscurité pendant 30 minutes, la lecture est faite à 650 nm. Les protéines donnent en présence des réactifs de Lowry et Folin une coloration bleue caractéristique. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de protéines présentes dans la solution.

La teneur en protéines est obtenue à partir de l'équation suivante :

$$Y=1.4751 X$$

Y : Densité optique

X : Concentration en protéines (mg/g MF).

2-Dosage des pigments chlorophylliens

La méthode utilisée est celle de Mac Kinney (1941). Elle consiste à prendre 100 mg de la matière fraîche composée des aiguilles de semis de pin d'Alep et placée dans un tube à essai. On ajoute ensuite 10ml d'une solution préparée à partir 75% d'acétone et de 25% d'éthanol. On les conserve dans des boîtes fermées pendant 48 heures à 30°C et à l'obscurité. La densité optique est mesurée à 663nm pour la chlorophylle (a) et à 645nm pour la chlorophylle (b).

Les concentrations en chlorophylle (a) et (b), exprimés en mg.g-1MF sont données par les deux formules suivantes :

$$\text{Chl (a) (mg/g MF)} = 12.3 \text{ DO (663)} - 0.86 \text{ (645)}/10$$

$$\text{Chl (b) (mg/g MF)} = 9.3 \text{ DO (645)} - 3.6 \text{ (663)}/10$$

Résumé

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne. Il est l'espèce le plus communément plantée à cause de sa croissance rapide, de sa résistance aux changements climatiques. En Algérie, les forêts de pinèdes se concentrent dans les régions arides, semi-arides. Ces régions caractérisent par des variations périodiques du climat. Là où les conditions climatiques limitent le potentiel de production. Le mécanisme de tolérance s'avère la stratégie la plus efficace dans la situation de stress sévère. Dans ce cas, notre étude a été basée sur la détermination de l'effet de différentes gammes des hautes et basses températures sur l'adaptation des semis de Pin d'Alep à partir des marqueurs biochimiques tels que la synthèse de protéine et de la chlorophylle. Ces dernières ont été mesurées après l'application des traitements thermiques qui traduisent également une tolérance aux stress (hautes et basses températures). Ces conditions ont entraîné chez les semis de pin d'Alep une réduction de la teneur en chlorophylle, une accumulation des protéines. Les résultats montrent que les concentrations de ces différents composés varient selon l'organe de la plante et l'intensité du stress avec un éventail thermique compris entre -2°C et 50°C .

Mots clés : Pin d'Alep, stress thermique, basses températures, hautes températures, protéine, chlorophylle, tolérance.

المخلص

الصنوبر الحلبي أحد الأنواع الأكثر انتشارا في منطقة البحر الأبيض المتوسط وأكثر أنواع الأشجار زراعة نظرا لنموه السريع ومقاومته لتغيرات المناخ. في الجزائر تتمركز غابات الصنوبر الحلبي في المناطق الجافة وشبه جافة حيث تتميز هذه المناطق بتغيرات جوية زمنية، حيث الظروف المناخية تحد من الإنتاج النباتي. آلية تحمل النبات تصبح الاستراتيجية الفعالة في مثل هذه الظروف الإجهادية القاسية. في هذه الحالة دراستنا تركز على معرفة تأثير مختلف درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة على مقاومة وتأقلم شجيرات الصنوبر الحلبي من خلال مؤشرات بيوكيميائية كاصطناع البروتين والكلوروفيل. وهذه الأخيرة تقاس بعد تطبيق المعالجات الحرارية تنتج أيضا تأقلم مع الإجهاد (الحرارة المرتفعة والمنخفضة)، وهذه الشروط تسبب عند شجيرات الصنوبر نقص في محتوى وتراكم في البروتين. النتائج تبرهن ان تركيز هذه المركبات يتغير حسب عضو النبتة وشدة الإجهاد مع مجال حراري محصور بين -2°C و 50°C .

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الحلبي، الإجهاد الحراري، الحرارة المنخفضة، الحرارة المرتفعة، البروتين، اليخضور، التحمل.

Summary

The Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) is one of the most widespread species in the Mediterranean region. It is the most commonly planted tree species because of its rapid growth and resistance to climate change. In Algeria, the pine forests are concentrated in arid, semi-arid regions. These regions are characterized by periodic climate variations. Where climatic conditions limit the production potential, the tolerance mechanism proves the most effective strategy in severe stress. In this case, our study is based on determining the effect of thermal stresses (high and low temperatures) on the adaptation of Aleppo pine seedlings from biochemical markers such as protein synthesis and chlorophyll. These last measured after the application of the heat treatments also reflect a tolerance to stresses (high and low temperatures). These conditions resulted a reduction in chlorophyll content and protein accumulation in Aleppo pine seedlings. The results show that the concentrations of these different compounds vary according to the organ of the plant and the intensity of the stress with a thermal range between -2°C and 50°C .

Key words: Aleppo pine, thermal stress, low temperatures, high temperatures, protein, chlorophyll, tolerance.