

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE TLEMCCEN

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

**Département d'Ecologie et environnement**

Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels

**MEMOIRE**

Présente par

Mlle. **Talbi Sarra**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de Master**

En écologie

**Thème**

**Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mecheria (Wilaya de Naâma)**

Soutenu le 15/07/.2019 devant le jury composé de :

Président	M. BENABADJI Noury	Pr.	Université de Tlemcen
Encadreur	M. KECHAIRI Réda	M.A.A.	Université de Tlemcen
Examineur	M. AINAD Tabet Mustapha	M.C.B.	Université de Tlemcen

**Année Universitaire : 2018 / 2019**

# Remerciements

Avant tout, je remercie Allah «Tout Puissant » qui m'a donné la force, la volonté, le courage pour accomplir ce modeste travail.

Je remercie Monsieur KECHAIRI Réda mon encadreur, maitre assistant à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté de m'encadrer, je le remercie également pour son aide, ses orientations, ses conseils et pour tout le savoir dans le cadre de ce travail, Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude et de mon respect.

Ma profonde reconnaissance à Monsieur BENABADJI Noury, Professeur à l'université de Tlemcen pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Je tiens à remercier Monsieur AINAD TABET Mustapha, maitre de conférences à L'université de Tlemcen, qui a accepté d'examiner ce travail.

Je remercie également mes enseignants qui ont participé à ma formation pendant toutes mes années d'étude.

Afin de n'oublier personne, je remercie également l'ensemble du personnel de la circonscription des forêts de Mecheria pour leur aide et tous ces moments partagés sur le terrain.

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

# *Dédicaces*

À

*Mes chers parents*

*Mes sœurs: Asma, Nour El Houda, Maroi*

*Mes tantes et oncles*

*Toute la famille Talbi et mourid*

*Mes amies : Amel, Djamila, Kaltoum , Aicha , Zahra ,Amina, nour El  
houda Hala et Ihcen*

*Mes camarades de promotion Master 2 Ecologie*

*Circonscription des Forêt de Mecheria :*

*Messaoui Fatima Inspecteur en chef des forêts*

*Haddi Lila Inspecteur des forêts*

*Figuigui Omar Inspecteur des forêts*

*Litime kouider Brigadier principal des forêts*

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la réalisation De  
ce travail.*

*Sarra*

# Table des Matières

	<b>page</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : GENERALITE SUR <i>Pinus halepensis</i></b>	
1.1. Taxonomie	4
1.2. Répartition biogéographique	5
1.2.1. Dans le monde	5
1.2.2. En Algérie	6
1.3. Caractéristiques botaniques du <i>Pinus halepensis</i>	7
1.4. Produits et utilisations du <i>Pinus halepensis</i>	10
1.5. Ecologie et exigences écologiques <i>Pinus halepensis</i>	11
1.6. Reboisement de barrage vert	12
1.7. Facteurs de menaces phytosanitaires et de dépérissement	12
1.7.1. Climat	12
1.7.2. Entomologie	12
1.7.3. Causes fongiques	13
1.8. Ravageurs du <i>Pinus halepensis</i>	14
1.8.1. En Algérie	14
1.8.2. Dans la région d'étude	14
1.9. Dépérissement forestier	14
<b>CHAPITRE II : Caractérisation de la région d'étude</b>	
2.1. Situation géographique de la Région d'étude	17
2.2. Cadre physique	17
2.2.1. Géologie	17
2.2.2. Pédologie	17
2.2.2.1. Sols calcimagnésiques	18
a. Rendzines	18
b. Sols bruns calcaires et sols bruns calciques	18
c. Sols à encroûtement gypseux	18
2.2.2.2. Sols minéraux bruts	18
a. Sols minéraux bruts d'érosion	18

b. Sols minéraux bruts d'apport alluvial	19
c. Sols minéraux bruts d'apport éolien	19
2.2.2.3. Sols peu évolués	19
2.2.2.4. Sols halomorphes	19
2.2.3. Hydrogéologie	20
2.3. Cadre climatique	20
2.3.1. Précipitations	21
2.3.2. Température	22
2.3.3. Jours de la gelée	22
2.3.4. Vents	22
2.3.5. Synthèse climatique	23
2.3.5.1. Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité	23
2.3.5.2. Indice de sécheresse estivale (I.e)	24
2.3.5.3. Indice d'aridité de De Martonne	24
2.3.5.4. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson(1953)	25
2.3.5.5. Quotient pluvio - thermique et climagramme d'Emberger (1955)	26

### **CHAPITRE III : Matériel et Méthodes**

3.1. Région d'étude	28
3.2. Méthodologie	28
3.3. Matériel utilisé	28
3.4. Type d'échantillonnage	29
3.5. Analyse du dépérissement	30
3.6. Mesures dendrométriques	31
3.6.1. Mesure de la circonférence des troncs	31
3.6.2. Mesure de la hauteur des arbres	32
3.7. Inventaire des insectes de dépérissement	32

### **CHAPITRE IV : Résultats et discussion**

4.1. Station d'étude	34
4.2. Analyses dendrométriques	35
4.2.1. Hauteur	35
4.2.2. Diamètre	36
4.2.3. Corrélation (Hauteur/diamètre)	36
4.2.4. Distribution des trous de scolytes	37
4.2.5. Corrélation entre (Hauteur/diamètre) et (Trous/100cm <sup>2</sup> )	37

4. 3. Etat phytosanitaire du peuplement de Draa El Aoud	38
4.3.1. La chenille processionnaire du pin	39
4.3.1.1. Dégâts forestiers et lutte environnementale	41
4.3.1.2. Lutte contre la chenille processionnaire	41
4.3.2. Longicorne de pin <i>Arhopalus ferox</i>	42
4.3.2.1. Cycle Biologique	43
4.3.2.2. Distribution	44
4.3.3. Curculionidae (Scolytidae)	44
4.3.4. Colydiidae	45
4.4. Symptômes et dégâts	45
4.5. Lutte et traitement	46
4.5.1. Lutte contre l' <i>Arhopalus</i>	46
4.5.1.1. Traitement par fumigation au fluorure de sulfuryle	46
4.5.1.2. Produit phytosanitaire FORESTER	47
4.5.2. Lutte contre les Scolytidae	47
4.6. Causes de dépérissement	48
4.6.1. Sécheresse et Le stress hydrique	48
4.6.2. Température	49
4.6.3. Cause édaphique	49
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>51</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>64</b>

## Liste des figures

	page
<b>Figure 1</b> : Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> dans le monde	6
<b>Figure 2</b> : Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> en Algérie	7
<b>Figure 3</b> : Le pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mecheria	7
<b>Figure 4</b> : L'écorce du <i>Pinus halepensis</i>	8
<b>Figure 5</b> : Les rameaux du <i>Pinus halepensis</i>	8
<b>Figure 6</b> : Les feuilles du <i>Pinus halepensis</i>	9
<b>Figure 7</b> : Les cônes du <i>Pinus halepensis</i>	9
<b>Figure 8</b> : Le bois mort du <i>Pinus halepensis</i>	9
<b>Figure 9</b> : Les graines du <i>Pinus halepensis</i>	10
<b>Figure 10</b> : Localisation de la région d'étude	17
<b>Figure 11</b> : Carte lithologique	18
<b>Figure 12</b> : Extrait de la carte pédologique de la wilaya de Naâma - région centre	20
<b>Figure 13</b> : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station de Mecheria)	26
<b>Figure 14</b> : Climagramme d'EMBERGER de la station de Mecheria	27
<b>Figure 15</b> : Matériel utilisé	29
<b>Figure 16</b> : Les Signes de dépérissement, A : Ecorce infecté, B : chute de l'écorce, C : Défoliation	30
<b>Figure 17</b> : Marquage des sujets dépéris étudiés à l'aide de la peinture.	31
<b>Figure 18</b> : Mesure de la circonférence des arbres de <i>Pinus halepensis</i> dans la forêt de Draa el Aoud.	32
<b>Figure 19</b> : Mesure de la hauteur des arbres de <i>Pinus halepensis</i> dans la forêt de Draa El Aoud.	32
<b>Figure 20</b> : Prélèvements des échantillons	33
<b>Figure 21</b> : Position des placettes du dépérissement dans le boisement de masse Draa El Aoud.	34
<b>Figure 22</b> : Distribution de La hauteur moyenne des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud dans les placettes.	36
<b>Figure 23</b> : Distribution des diamètres des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud	36
<b>Figure 24</b> : Corrélation (Hauteur/diamètre) et tracés marginaux aux boites à moustaches	37
<b>Figure 25</b> : Distribution des scolytes dans la forêt	37
<b>Figure 26</b> : Bande de contour des trous /100cm <sup>2</sup> en fonction de la hauteur et le diamètre des arbres	38
<b>Figure 27</b> : Houppiers de couleur pale.	39
<b>Figure 28</b> : Pieds d'arbres dépéris	39

<b>Figure 29</b> : Atteintes sur le peuplement	<b>40</b>
<b>Figure 30</b> : Les différents stades larvaires de la chenille processionnaire du pin	<b>40</b>
<b>Figure 31</b> : Balai de sorcière dans la forêt de Draa El Aoud	<b>41</b>
<b>Figure 32</b> : Fin de la procession et début d'enfouissement	<b>41</b>
<b>Figure 33</b> : Calendrier de lutte contre la chenille processionnaire.	<b>42</b>
<b>Figure 34</b> : <i>Arhopalus fesus</i>	<b>43</b>
<b>Figure 35</b> : Les stades de développement de d'Arhopalus fesus	<b>44</b>
<b>Figure 36</b> : A,adulte d' <i>Orthotomicus proximus</i> E ; B,Adulte d' <i>Orthotomicus erosus</i> W	<b>45</b>
<b>Figure 37</b> : Traces des ravageurs	<b>46</b>



## Liste des Tableaux

	<b>page</b>
<b>Tableau 1</b> : Caractéristique de la station météorologique	<b>21</b>
<b>Tableau 2</b> : Variations des précipitations moyennes mensuelles pour la période (1985-2016)	<b>22</b>
<b>Tableau 3</b> : Valeurs moyennes mensuelles des températures.	<b>22</b>
<b>Tableau 4</b> : Type de climat en fonction des Amplitudes thermiques.	<b>24</b>
<b>Tableau 5</b> : Indice de sécheresse estivale	<b>24</b>
<b>Tableau 6</b> : Indice de DE MARTONNE pour la station de mecheria (1985-2016).	<b>25</b>
<b>Tableau 7</b> : Indice de DE MARTONNE (Ancienne période 1913-1938).	<b>25</b>
<b>Tableau 8</b> : Indice de DE MARTONNE (Période intermédiaire 1980-2004).	<b>25</b>
<b>Tableau 9</b> : Valeur du $Q_2$ et étages bioclimatiques	<b>27</b>
<b>Tableau 10</b> : Correspondances entre les étages bioclimatiques en fonction de $Q_2$ et P(mm)	<b>27</b>
<b>Tableau 11</b> : Mesures dendrométriques (Hauteurs/diamètres) et le nombre (Trous/100m <sup>2</sup> ).	<b>35</b>
<b>Tableau 12</b> : Répertoire des xylophages identifiés.	<b>39</b>
<b>Tableau 13</b> : Produit concentration-temps (CT) minimal sur une période unique de 24 ou 48h	<b>47</b>

## Liste des Annexes

	<b>page</b>
<b>Annexe 1</b> : Base de données d'inventaire dendrométrique et de (Nbr. de Trous/100cm <sup>2</sup> )	<b>64</b>
<b>Annexe 2</b> : Dégâts de dépérissement	<b>65</b>

## Liste des Abréviations

<b>AMM</b>	: Autorisations de mise sur le marché
<b>CT</b>	: Concentration-temps
<b>D moy</b>	: Diamètre moyen
<b>Dhp</b>	: Diamètre d'arbre à la hauteur de la poitrine de l'homme (1,30m du sol)
<b>DHW</b>	: Direction de l'Hydraulique de Wilaya
<b>H moy</b>	: Hauteur moyenne
<b>ONM</b>	: Office National Météorologique
<b>Tr</b>	: Trous

# Introduction générale

Les pins sont les espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, de leur aptitudes à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (**ZAVALA et ZEA, 2004**). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, couvrant plus de 25.000 km<sup>2</sup> des formations forestières dans les régions arides, semi-arides et subhumides (**QUÉZEL, 2000**).

Les écosystèmes forestiers sont sujets à de nombreuses perturbations abiotiques (gel hivernal, sécheresses...etc.) et/ou biotiques (attaques d'insectes défoliateurs, pathogènes foliaires...etc.) qui peuvent causer des dépérissements, voire des mortalités d'arbres plus ou moins importantes (**DURAND-GILLMANN, 2014**). De nombreuses études ont porté sur la mortalité induite par les facteurs abiotiques, notamment les événements climatiques extrêmes comme les sécheresses (**ALLEN et al., 2010**). Néanmoins, peu d'études sont intéressées à la mortalité induite par les facteurs biotiques alors que probablement leur présence joue un rôle fondamentale (**MCDOWELL et al., 2013**). Au cours des dix dernières années, la mortalité des arbres due aux agents pathogènes et aux parasites est augmentée (**ROUAULT et al., 2006**). En effet, les épisodes de sécheresses successives (**CAILLERET et al., 2013**) ont entraîné un affaiblissement des arbres causant à la fois, une diminution de leurs mécanismes de résistance (**ALLEN et al., 2010**) et une accélération des cycles de développement des parasites (**ROUAULT et al., 2006**). L'intensification des échanges commerciaux internationaux ont également favorisé l'introduction de nouvelles espèces de parasites et/ou pathogènes fortement nuisibles pour les essences forestières (**HAACK, 2006**).

Actuellement, beaucoup de forêts méditerranéennes naturelles et boisées sont en déséquilibre par le dépérissement (**GUIT, 2015**). Parmi les principales espèces forestières touchées par ce phénomène, le cèdre de l'Atlas au Maroc et en Algérie (**BENABID, 1994; BENTOUATI, 2008**), il atteint plusieurs espèces de pins au Maroc et en France (**ZINE EL ABIDINE, 2003; RIGOLOT, 2008; LE MEIGNEN et MICAS, 2008**), et une large partie boisée en Algérie, tel que le Barrage Vert. Il touche aussi certaines espèces de chênes (surtout chêne-liège) en France, Espagne, Portugal et Maroc (**GARRIGUE et al., 2008 ; VARELA, 2008**), le hêtre et le sapin en France (**DENTAND, 2008**). Néanmoins, la liste des interactions complexes climat-plantes-insectes n'est certainement pas exhaustive, mais elle montre combien que la compréhension de l'interdépendance de ces trois composantes est un enjeu crucial pour analyser et prédire l'impact global du parasitisme des insectes sur la dynamique et l'évolution des plantes, ainsi que pour définir des stratégies de gestion pertinentes, notamment dans le domaine forestier (**LEFEVRE et al., 2013**).

Dans les écosystèmes méditerranéens, où l'eau est le principal facteur limitant, le phénomène de dépérissement se fait ressentir le plus dans les régions arides où les espèces forestières sont à la limite de leur aire de distribution (**LINARES *et al.*, 2009** ; **ALLEN *et al.*, 2010** ; **BABST *et al.*, 2013**). Alors, face à la question posée de la lutte contre la désertification au niveau mondial. L'Algérie a lancé un projet pilote « le Barrage vert » en avril 1971 consiste à reboiser les régions arides de la longe sud de l'Atlas Saharien par des taxons xérothermophile. Tel que, le boisement qui a été effectuée au niveau de la wilaya de Naâma, pour une superficie totale de 21.000 ha Hectares. Généralement, le barrage vert connu un échec fatal dans la plus grande partie du pays, sous l'influence de plusieurs facteurs édapho-climatiques et anthropiques. Aujourd'hui, à part certaines zones au niveau des piémonts Nord de l'Atlas Saharien où l'espèce a pu se combattre. Où il n'en reste que des traces formées par quelques pins d'Alep rabougris (**NEDJRAOUI et BEDRANI, 2008**), y compris la wilaya de Naâma, le sujet de notre étude.

Dans la wilaya de Naâma, d'énormes dégradations et problèmes sanitaires de ces reboisements ont été signalés à travers plusieurs zones de boisement, dont, le boisement de la masse de « Draa El Aoud » situe au nord de la commune de Mecheria. Il est composé principalement du pin d'Alep *Pinus halepensis* qui se trouve actuellement dans un état très dégradé. Du lequel, la superficie des terres reboisées a été diminuée 70%, pour certain raisons. Des dépérissements ont été observés dans cette zone.

Notre travail consiste à faire une description dendrométrique et phytosanitaire de boisement menacées par le dépérissement du *Pinus halepensis* (Symptômes et causes, une recherche pour un meilleur traitement selon le type de menaces) dans la forêt de Draa El Aoud. Pour ce faire, notre manuscrit est constitué de quatre chapitres :

- Le 1<sup>er</sup> chapitre synthétise les données bibliographiques collectées : généralité sur l'espèce, reboisement de barrage vert, facteurs de menaces phytosanitaires et de dépérissement ;
- Un 2<sup>ème</sup> chapitre, qui figure quelques caractéristiques de la région d'étude, et une synthèse bioclimatique ;
- Chapitre 3, consacré pour le matériel utilisé et la méthode poursuivie, (relatives aux les mesures dendrométriques et l'inventaire des scolytes);

- Chapitre 4, traite les résultats et les discussions.

# Chapitre I

## Généralités sur le *Pinus halepensis*



### 1.1. Taxonomie

Le genre *Pinus*, appartenant à la famille des Pinacées (Abiétacées). Il est divisé en trois sous-genres qui sont : *Pinus*, *Ducampopinus* et *Cembrapinus*. Alors, ces sous-genres sont divisés en sections. En effet, l'espèce *Pinus halepensis* Mill., fait partie de la section *Halepensis* qui est divisée en trois groupes parmi lesquels le groupe *halepensis* qui se caractérise par des feuilles à deux aiguilles et à cônes caducs (NAHAL, 1962 ; KADIK, 2005).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites, mais dont deux seulement sont actuellement considérées comme de véritables espèces par la majorité des systématiciens. Il s'agit de *Pinus halepensis* Mill., et de *Pinus brutia* Ten. (QUÉZEL et BARBERO, 1992). D'après Le HOUÉROU (1990), ces deux espèces occupent près de 6,8 millions d'hectares sur l'ensemble du bassin méditerranéen. *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* sont deux taxons très proches génétiquement, précédemment inclus dans une section distincte ou dans la sous-section *halepensis* (PRICE *et al.*, 1998 ; LOPEZ *et al.*, 2002). La classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyploxylon*, ou pins «durs» à tendance à regrouper les deux espèces *P. halepensis* et *P. brutia* avec *P. heldreichii*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. canariensis* et *P. roxburghii* dans la sous-section *pinaster*, également appelée le groupe des pins méditerranéens (GERNANDT *et al.*, 2005, 2008). Cependant, la systématique du *Pinus halepensis* établie par FARJON (1996) se résume comme suit :

Règne :	Plantae
Embranchement :	Spermaphyta
Sous-embranchement :	Gymnospermae
Classe :	Pinopsida
Ordre :	Abietales
Famille :	Pinaceae (Abietaceae)
Sous-famille :	Pinoïdeae
Genre :	<i>Pinus</i>
Sous-genre :	<i>Eupinus</i>
Espèce :	<i>Pinus halepensis</i> Mill.

Noms usuels : Pin d'Alep, pin de Jérusalem, pin blanc (France) : Aleppo pine, Jerusalem pine (Angleterre) ; Sanaouber halabi (pays arabes) ; Pino carrasso (Espagne) ; Pino di

Gerusalemme (Italie) ; Aleppo Kiefer (Allemagne) ; Noms vernaculaires : Azoumbei, Tayada (Berbère).

## 1.2. Répartition biogéographique

### 1.2.1. Dans le monde

L'aire de répartition géographique du *Pinus halepensis* se limite au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (QUÉZEL, 1986). L'espèce domine les écosystèmes forestiers dans les zones semi-arides du bassin méditerranéen. En plus de son aire de répartition naturelle, cette espèce a été largement utilisée dans les projets et les programmes de boisements au cours du XXème siècle (MAESTRE *et al.*, 2003). Elle est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et de développement (PARDE, 1957; QUÉZEL *et al.*, 1987).

Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané, il occupe une superficie de 65.000 hectares répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du Haut Atlas (QUÉZEL, 1986). En Tunisie, les forêts naturelles de *Pinus halepensis* couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi aride (SOULERES, 1969 ; CHAKROUN, 1986). AMMARI *et al.* (2001) avancent une superficie de 370.000 hectares occupée par les forêts naturelles et les reboisements de *Pinus halepensis*, environ 56% de la couverture forestière du pays.

En Espagne il est bien développé sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et de Murcie ; par contre, il est moins fréquent en Andalousie. Vers l'intérieur il existe en colonies disjointes dans la haute vallée du Tage ainsi que sur tout le pourtour de la vallée de l'Ebre. Il est présent dans toutes les îles Baléares. En France, le pin d'Alep est assez peu répandu et épars à l'ouest du Rhône mais beaucoup plus fréquent en Provence. Il remonte dans la vallée du Rhône jusqu'aux environs de Montélimar. En Corse, il n'existe, avec une spontanéité douteuse, que dans la région de Saint-Florent. En Italie, le pin d'Alep n'est jamais abondant; il s'observe çà et là, notamment dans le sud et en de rares localités de Sicile et de Sardaigne. Dans les Balkans, il est présent sur le littoral adriatique surtout au sud de Split et réapparaît en abondance en certaines zones de la péninsule hellénique notamment dans le Péloponnèse nord occidental, en Attique, en Eubée et en Chalcidique occidentale (KADIK, 1987). Au Proche-Orient, sa présence en Turquie n'est certaine qu'au Nord-est d'Adana (QUÉZEL et PAMUKCUOGLU, 1973). En Syrie, il constitue quelques boisements sur le

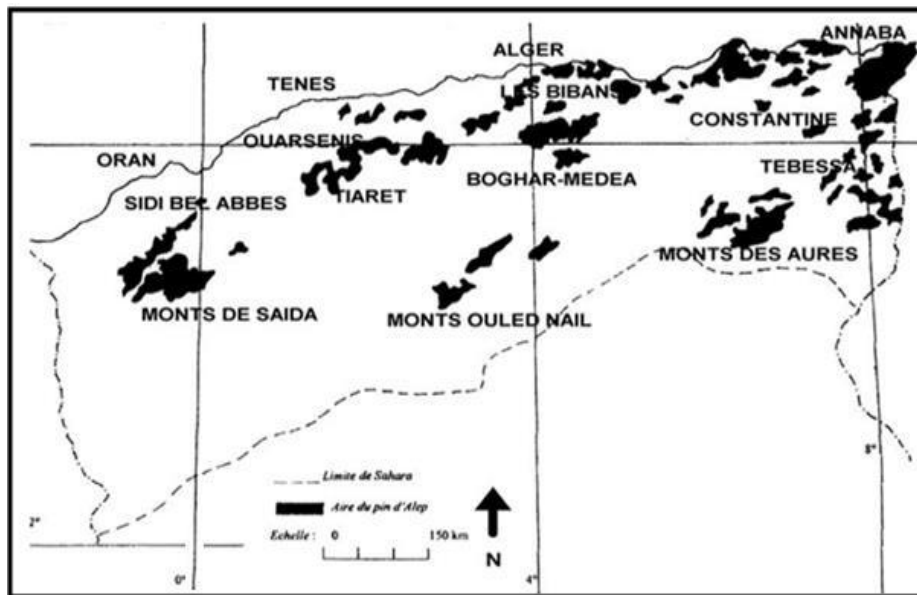
revers occidental de la chaîne des Alaouites (**BARBERO et al., 1977**). Il se trouve aussi sur le littoral libanais (**ABI-SALEH et al., 1976**). Il constitue enfin quelques peuplements relativement importants en Palestine (**ZOHARY, 1962**) et en Jordanie (**ZOHARY, 1973**).



**Figure 1.** Aire de répartition du *Pinus halepensis* dans le monde (**FAO, 2012**)

### 1.2.2. En Algérie

En Algérie, le pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux, du Tell littoral à l'Atlas Saharien, et s'il a souvent été fort maltraité par l'homme il en reste néanmoins de vastes peuplements en Oranie (régions de Bel Abbès, Saida, Ouarsenis), dans l'Algérois (Medea, Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), et dans le Constantinois (Aurès, région de Tebessa surtout) (**KADIK, 1983**). Avec 35% de couverture, le pin d'Alep occupe la première place de la surface forestière de l'Algérie, et il a une surface de 852.000 hectares (**BOUDY, 1952**). **SEIGUE (1985)** donne une surface de 855.000 hectares. **MEZALI (2003)** dans un rapport sur le *Forum des Nations Unies sur les Forêts* (FNUF) avance un chiffre de 800 000 hectares. Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (**BOUDY, 1952**). Il est présent partout, d'Est en Ouest, allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de l'Atlas saharien (figure 2). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers (**BENTOUATI et al., 2005**).



**Figure 2.** Aire de répartition du *Pinus halepensis* en Algérie (BENTOUATI, 2006)

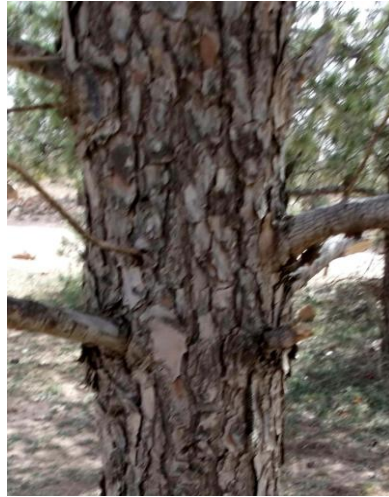
### 1.3. Caractéristiques botaniques du *Pinus halepensis*

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur (figure 3) est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées (BEKER *et al.*, 1982).



**Figure 3.** Le pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mecheria (TALBI, 2019)

L'écorce : Riche en tannin, est d'abord lisse de couleur argentée (2), puis devient crevassée avec des écailles de couleur gris-brunâtre (KADIK, 1987).



**Figure 4.** L'écorce du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

Les Rameaux : Sont verts clair, puis gris clair, assez fins (figure 5). 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).



**Figure 5.** Les rameaux du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

Les feuilles ou les aiguilles : sont de 6 à 10 cm de long (figure 6) avec une largeur de 1 mm, sont fines, molles, lisses et aigus, groupées par 2 en pinceaux à l'extrémité des rameaux (NAHAL, 1962).





**Figure 6.** Les feuilles du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

Les cônes : Sont gros avec une taille de 6 à 12 cm (figure 7) avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille de 05 à 07 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (KADIK, 1987).



**Figure 7.** Les cônes du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

Le bois : Utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet. C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux (VENET, 1986).



**Figure 8.** Le bois mort du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

Les graines : L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, appelée « Zgougou », Destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie (DAHMAN, 1986).



**Figure 9.** Les graines du *Pinus halepensis* (TALBI, 2019)

La résine : L'arbre de pin d'Alep peut 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).

#### **1.4. Produits et utilisations du *Pinus halepensis***

Après distillation, la résine donne deux produits essentiels qui sont l'essence de térébenthine d'une part, et la colophane ou brai d'autre part. Ces deux produits de base peuvent à leurs tours être transformés en produits dérivés. Les possibilités d'utilisation de ces deux produits, essentiels et dérivés, sont aujourd'hui innombrables. L'essence de térébenthine se retrouve notamment dans les peintures, les vernis et dans de nombreux produits d'entretien. Après transformation, les dérivés obtenus permettent également de fabriquer des composés entrant dans la formulation de parfums ou d'arômes. Il existe également des applications médicales pour l'essence de térébenthine. Quant à la colophane, elle intervient principalement dans la fabrication d'adhésifs, de colles, de papiers ou d'encre d'imprimerie (VENET, 1986). Le Pin d'Alep a donné environ 3Kg de résine (la gemme) par arbre et par an. La gemme pure contient 20 à 24% d'essence de térébenthine et 75 à 80% de cellophane. Cette gemme a aussi des usages médicaux (KADIK, 1987). Les bourgeons de pin, très résineux, ont aussi une utilisation médicinale, comme balsamiques et diurétiques, transformés notamment en sirops et pastilles (ZENZEN, 2016).

Le pin d'Alep a un bois blanc, au cœur et couleur fauve claire (roux clair), et de qualité médiocre dans l'antiquité, le 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 *Pinus halepensis* peut être utilisé, après élimination de la résine, pour la fabrication de la pâte à papier (**NAHAL, 1962**). Le bois de *Pinus halepensis*, 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**).

### **1.5. Ecologie et exigences écologiques du *Pinus halepensis***

Selon **QUÉZEL (1986)**, le pin d'Alep se caractérise par une plasticité exceptionnelle. Il est considéré comme l'un des pins les plus tolérants à la température et la sécheresse prononcées (**SCARASCIA-MUGNOZZA, 1986**). Le pin d'Alep elle supporte un taux élevé de calcaire actif surtout dans les substrats chauds et bien drainés, en particulier les sols squelettiques. Elle préfère les sols calcaires ou argilo-calcaires. Il ne tolère ni les sols sablonneux dont la perméabilité ne permet pas de retenir de l'eau, ni les bas fonds limoneux et il comporte très mal sur les schistes et les micaschistes (**SEIGUE, 1985**). Il est à la fois thermophile et héliophile, supportant des températures élevées mais craint les humidités excessives, le gel et la neige (**NAHAL, 1962 ; VENNETIER et al., 2010**).

L'étude conduite par **INCLA et al., (2005)** a fait ressortir que le stress hydrique diminue la croissance du *Pinus halepensis*. En Tunisie **EL KHORCHANI et al., (2007)** ont observé, qu'après l'année 1978, les sécheresses périodiques et fréquentes ont significativement réduit sa croissance radiale et augmenté le taux de mortalités. De similaires observations ont été rapportées après l'année 2003 au Sud de la France (**VENNETIER et RIPERT, 2010**). Ces constatations sont en accord avec les modèles et les longues séries d'observations concluant que l'espèce est de plus en plus menacée par les dommages causés par la sécheresse, particulièrement au printemps et en été (**RATHGEBER et al., 2000 ; OGAYA et al., 2003 ; BORGHETTI et al., 2004 ; SARDANS et PEÑUELAS, 2007 ; VILA et al., 2008**). La croissance en hauteur du *Pinus halepensis* dépend en premier lieu du bilan hydrique stationnel (**BROCHIÉRO, 1997 ; RIPERT et VENNETIER, 2001 ; RATHGEBER et al., 2005**).



## 1.6. Reboisement de barrage vert

Selon **LETREUCH (1991)** le barrage vert « la grande muraille verte » qui devait constituer une large barrière forestière face au désert s'étend au niveau de l'Atlas saharien depuis la frontière marocaine à l'ouest jusqu' à la frontière tunisienne à l'Est, sur une longueur de 1500km environ et une largeur de 20km, soit une superficie total de 3.000.000ha. Les reboisements dans toutes les zones du barrage vert sont caractérisés par un recours quasi-exclusif au pin d'Alep. En effet, notre région d'étude de Draa El Aoud à Mecheria est constituée d'une superficie de 1000 hectares de la masse boisée à la wilaya de Nâama dans le cadre du projet de barrage vert (boisement de masse) réalisé en 1973, où le reboisement est composé de Pin d'Alep en association à l'Eucalyptus avec l'introduction du Pistachier d'Atlas sur une petite superficie n'excédant pas un hectare. Le boisement de masse de Draa El Aoud a connu de grands échecs, dont le dépérissement affectant les peuplements d'Eucalyptus avec la présence de la chenille processionnaire de pin dans les peuplements du pin d'Alep, et de là le taux de réussite est de 40%.

## 1.7. Facteurs de menaces phytosanitaires et de dépérissement

### 1.7.1. Climat

Parmi les différents facteurs qui peuvent affecter la santé du *Pinus halepensis*, ce sont les facteurs climatiques qui jouent le rôle le plus important. Les "accidents climatiques" tels les grands froids ou les grandes sécheresses ont des conséquences directes sur l'essence mais ils favorisent souvent l'intervention de facteurs entomologiques ou pathologiques dits "aggravants". Les changements climatiques actuels sont fortement susceptibles d'influencer les interactions plantes-insectes herbivores. Les écosystèmes forestiers sont particulièrement sensibles à ces changements. Les forêts représentent environ 30,3 % de la surface terrestre et fournissent un habitat pour de nombreux organismes vivants, et des biens et services pour les hommes (production de bois, de résine, de fruits, de champignons, espace récréatif...etc.) (**BRONSTEIN et al., 2006**).

### 1.7.2. Entomologie

Ils ne représentent pas un facteur limitant de *Pinus halepensis*, mais peuvent périodiquement et localement affaiblir les peuplements (**BROCHIERO, 1997**). Les ravageurs cités ci-dessous ne sont pas spécifiques au *Pinus halepensis*.

- **La processionnaire du pin** (*Thaumetopoea pityocampa*). Lors de ses pullulations cycliques, elle peut provoquer des défoliations importantes sur pin d'Alep. Toutefois, ces dégâts qui entraînent une perte de production menacent que très rarement la pérennité des peuplements ;
- **Les cochenilles des aiguilles** (*Leucaspis sp.*). Ces insectes piqueurs-suceurs s'observent sur les aiguilles. Leurs pullulations, généralement observées en période sèche, ne causent que rarement des dégâts spectaculaires ;
- **L'hylésine des pins** (*Tomicus pinierda ou destruens*). Ce scolyte peut représenter une menace pour les peuplements de *Pinus halepensis* affaiblis par le gel, la sécheresse ou le passage du feu. Généralement, ces insectes sous-corticaux se multiplient sur des arbres abattus ou blessés ;
- **Autres scolytes** (*Tomicus minor, Orthotoicus erosus*). Ils peuvent également s'attaquer au pin d'Alep ;
- **La tordeuse des pousses** (*Rhyacionia buoliana*). Les attaques les plus spectaculaires de ce lépidoptère, non spécifique du pin d'Alep, s'observent sur les peuplements affaiblis par des dessèchements de rameaux en cime des arbres.

### 1.7.3. Causes fongiques

L'incidence des facteurs fongiques est souvent moins spectaculaire que les attaques d'insectes. Ils peuvent cependant constituer à moyen terme des facteurs limitant plus préoccupants :

- **La rouille vésiculeuse de l'écorce** (*Conartium flaccidium*) est assez commune sur le pin d'Alep, n'occasionnant que peu de dégâts (dessèchement de rameaux) ;
- **Le chancre des rameaux** (*Crumenulopsis sororia*) peut contaminer de façon spectaculaire le pin d'Alep durant les périodes humides ;
- **Le fomes** (*Heterobasidion annosum*), ce champignon apparaît généralement dans les peuplements affaiblis par la sécheresse ou blessés par la grêle. Cet agent de dessèchement est souvent observé sur des rameaux desséchés. Il est souvent associé à *Crumenulopsis sororia* et à *Sclerophoma pithyophila* sur des arbres dépérissants.

## 1.8. Ravageurs du *Pinus halepensis*

### 1.8.1. En Algérie

Les insectes xylophages interviennent très souvent dans le processus de dépérissement, soit comme facteur primaire déclenchant le phénomène, soit comme facteur secondaire accentuant et amplifiant le processus au cours du temps (LIEUTIER *et al.*, 1992). Parmi les insectes ravageurs du pin d'Alep en Algérie, on cite La chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), et divers groupes de xylophages, nous citons particulièrement :

- **Les Scolytidae** : (*Tomicus piniperda*, *Tomicus destruens*, *Orthotomicus erosus*, *Orthotomicus laricius*, *Orthotomicus proximus*, *Pityogenes bidentatus*, *Pityogenes calcaratus*, *Pityogenes bidentatus*, *Crypturgus cribrellus*, *Crypturgus numidicus*, *Crypturgus mediterraneus*, *Hylurgus ligniperda*, *Hylurgus micklitzi*, *Hylastes apacus*, *Hylastes cunicularius*, *Rhyncolus sp.*, *Procryphalus sp.*) ;
- **Les Buprestidae** : (*Chalcophora mariana*, *Perotis unicolor*, *Phaenops cyanea*, *Anthaxia rugicollis*) ; **Les Cerambycidae** : (*Monochamus galloprovincialis*, *Criocephalus rusticus*, *Arhopalus ferus*, *Arhopalus rusticus*, *Arhopalus syriacus*, *Ergates faber*, *Hesperophanes sericeus*) ; **Les Curculionidae** : (*Curculio sp.*) ; **Les Colydiidae** : (*Colydium elongatus*) ; **Les Histeridae** : (*Platysoma angustatus*) ; **Les Stricidae** : (*Sirex noctilio*).

### 1.8.2. Dans la région d'étude

Au niveau de notre région d'étude divers groupes des ravageurs ont été observés, y compris la plus remarquable la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) et d'autres insectes non reconnus en premier lieu mais leur identification fait l'objet de notre projet actuel de recherche.

## 1.9. Dépérissement forestier

Les possibilités de lutte chimique sont très limitées en forêt (FABRE *et al.*, 1999). Les mécanismes physiologiques sous-jacents aux mécanismes de résistance de l'hôte face aux attaques de scolytes sont insuffisamment étudiés. Néanmoins, il est généralement établi que les conifères résistent aux attaques de scolytes et aux champignons associés par un double mécanisme de défense : dans un premier temps, il y a la défense innée qui consiste en l'émission de résine due à la rupture des canaux résinifères lors de l'entrée du scolyte, et dans

un deuxième temps, la défense induite qui correspond au maintien de l'insecte ou du champignon dans des poches imbibées de résine. La résistance de l'arbre dépend de sa vitalité au moment de l'attaque, c'est-à-dire sa capacité à allouer des réserves pour subvenir aux fortes demandes énergétiques des mécanismes de défense. Plus la réaction de défense est intense plus l'arbre est vulnérable. Chez les arbres, les réserves carbonées sont stockées sous forme de glucides non structuraux (amidon, sucres solubles) et de lipides (triacylglycerol), dans les différentes parties de l'arbre (aiguilles, troncs, racines) (FISCHER et HOLL, 1992).

Le dépérissement forestier est donc un modèle d'étude pertinent de ces interactions entre les populations d'arbres et les facteurs biotiques (insectes) et abiotiques (sécheresse). Les dépérissements sont généralement définis comme « *des phénomènes causés par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre* (MANION *et al.*, 1981) ». La notion de dépérissement correspond à une évolution progressive (qui s'étale sur plusieurs saisons de végétation et qui passe par différentes phases) associant à la fois une perte de vigueur et un déclin de la santé de l'arbre ou du peuplement. Ces phénomènes se traduisent par des symptômes visibles (mortalité de tiges, mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité du feuillage, diminution de la croissance) conduisant notamment à une transparence anormale du houppier en été. Les processus de dépérissement sont des phénomènes complexes qui résultent généralement d'une interaction entre des facteurs abiotiques et biotiques (climat, sol, parasites, pathogènes par exemple). Pour modéliser le dépérissement. MANION *et al.* (1981) a développé une théorie basée sur trois différents types de facteurs :

- **les facteurs prédisposants** sont des facteurs contribuant à l'affaiblissement général de l'arbre sur le long terme ;
- **les facteurs déclenchants** sont des facteurs agissant de façon intense sur une relativement courte période ;
- **les facteurs aggravants** sont les facteurs qui accentuent l'affaiblissement de l'arbre et peuvent finalement entraîner sa mort.

Le dépérissement est souvent un processus non linéaire; il peut se manifester soudainement à l'échelle régionale lorsque les conditions climatiques dépassent les seuils physiologiques de tolérance de l'espèce, ou déclencher des infestations d'insectes parasites (ALLEN *et al.*, 2010).

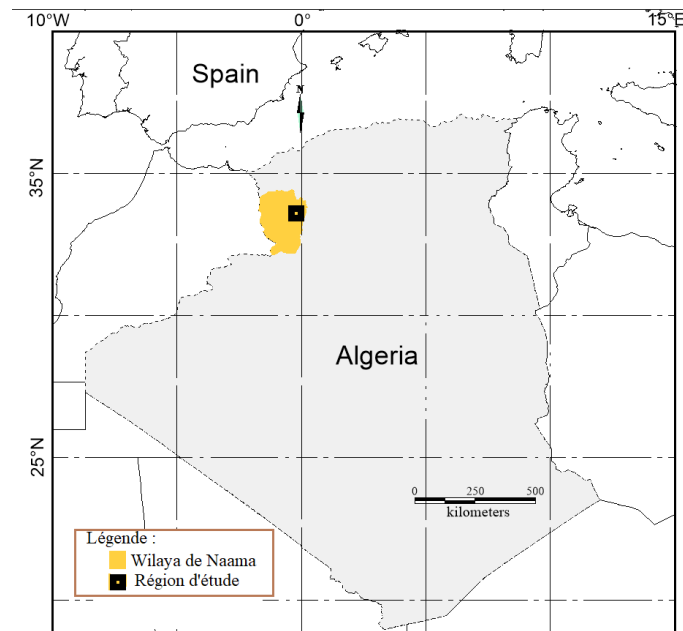
En recherchant dans les bases de données scientifiques avec les mots clefs "dépérissements des forêts" ou "mortalité forestière", on observe que le nombre de cas graves recensés à travers le monde a plus que quadruplé en 25 ans et que la tendance est en hausse quasi-constante (**ALLEN *et al.*, 2010**).

## Chapitre II

### Caractérisation de la région d'étude

## 2.1. Situation géographique de la Région d'étude

La commune de Mecheria est une zone des Hautes Plaines steppiques du Sud-Oranais. Elle est située dans la partie Nord-Est de la wilaya de Nâama et s'étend sur une superficie de 750,12 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au nord par la commune El Biodh, au sud par la commune de Nâama, à l'Est par la wilaya d'El bayadh et à l'Ouest par les communes de Nâama et El Biodh.



**Figure 10.** Localisation de la région d'étude

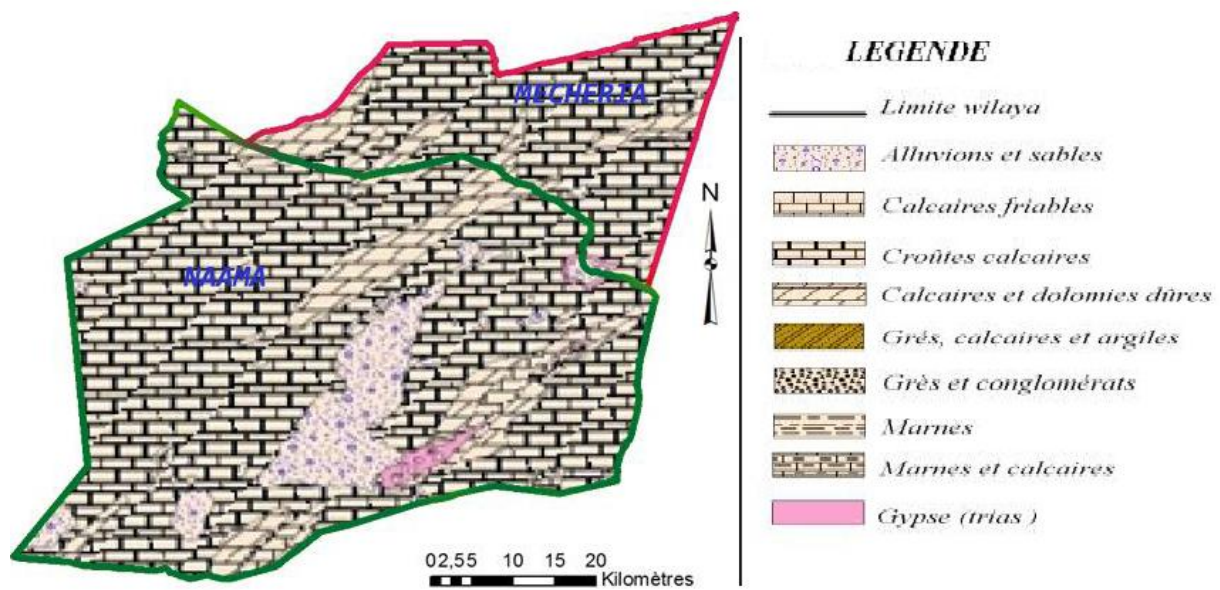
## 2.2. Cadre physique

### 2.2.1 Géologie

Selon l'étude d'un ANONYME (2009), notre zone d'étude fait partie de l'ensemble de la zone des hautes plaines qui présente une structure stable à activité tectonique limitée et une stratigraphie caractérisée par des dépôts essentiellement continentaux (Miocène, Pliocène et Quaternaire).

### 2.2.2. Pédologie

Dans la même étude précédente<sup>1</sup> et en matière de lithologie, la carte lithologique de la figure (11) montre que la répartition spatiale des différentes formations rencontrées est en rapport avec les caractéristiques morphologiques du territoire de l'ensemble de la zone des hautes plaines (territoire de la commune de Mecheria), qui se distinguent par leurs encroûtements calcaires, parsemés par des formations alluvionnaires. Les alluvions sont principalement rencontrées au niveau des dépressions (chotts et dayas).



**Figure 11.** Carte lithologique (Anonyme, 2009)

Tous les faciès, présentés dans la figure 15 sont des formations très sensibles à l'érosion, qu'elle soit hydrique ou éolienne. Par ailleurs, au regard de l'intensité des vents que connaît la zone, le processus d'érosion s'accroît avec la dégradation du couvert végétal. Les aspects pédologiques (figure 12) permettent de faire la corrélation entre la nature des sols avec les unités géomorphologiques. En effet, nous distinguons :

#### 2.2.2.1. Sols calcimagnésiques

Ils occupent la majeure surface lithologique de la région de Naâma. Cette classe est représentée par plusieurs types de sols :

**a. rendzines** : Ils sont localisés sur les versants des djebels. Ils sont peu épais, de texture grumeleuse avec une faible teneur en matière organique.

**b. Sols bruns calcaires et sols bruns calciques** : Ils sont répartis sur les glacis du Quaternaire ancien et moyen, et dont la profondeur est généralement comprise entre 10 et 30 cm.

**c. Sols à encroûtement gypseux** : Ils sont localisés dans les glacis de raccordement et zones de blocage.

#### 2.2.2.2. Sols minéraux bruts

Ils sont représentés par 03 catégories :

**a. Sols minéraux bruts d'érosion** : Ils sont situés sur de fortes pentes où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert



végétal est très peu significatif avec toutefois quelques reliques de chêne vert (*Quercus ilex*) et de genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).

***b. Sols minéraux bruts d'apport alluvial*** : Ils se rencontrent au niveau des oueds importants. Ils présentent une texture sableuse, une forte charge caillouteuse et leur profondeur est variable.

***c. Sols minéraux bruts d'apport éolien*** : Ils sont constitués de sable et de dunes plus au moins mobiles. Ces sols sont occupés par une végétation psammophile à *Aristida Pungens* et *Arthrophytum Scoparium*.

### **2.2.2.3. Les sols peu évolués**

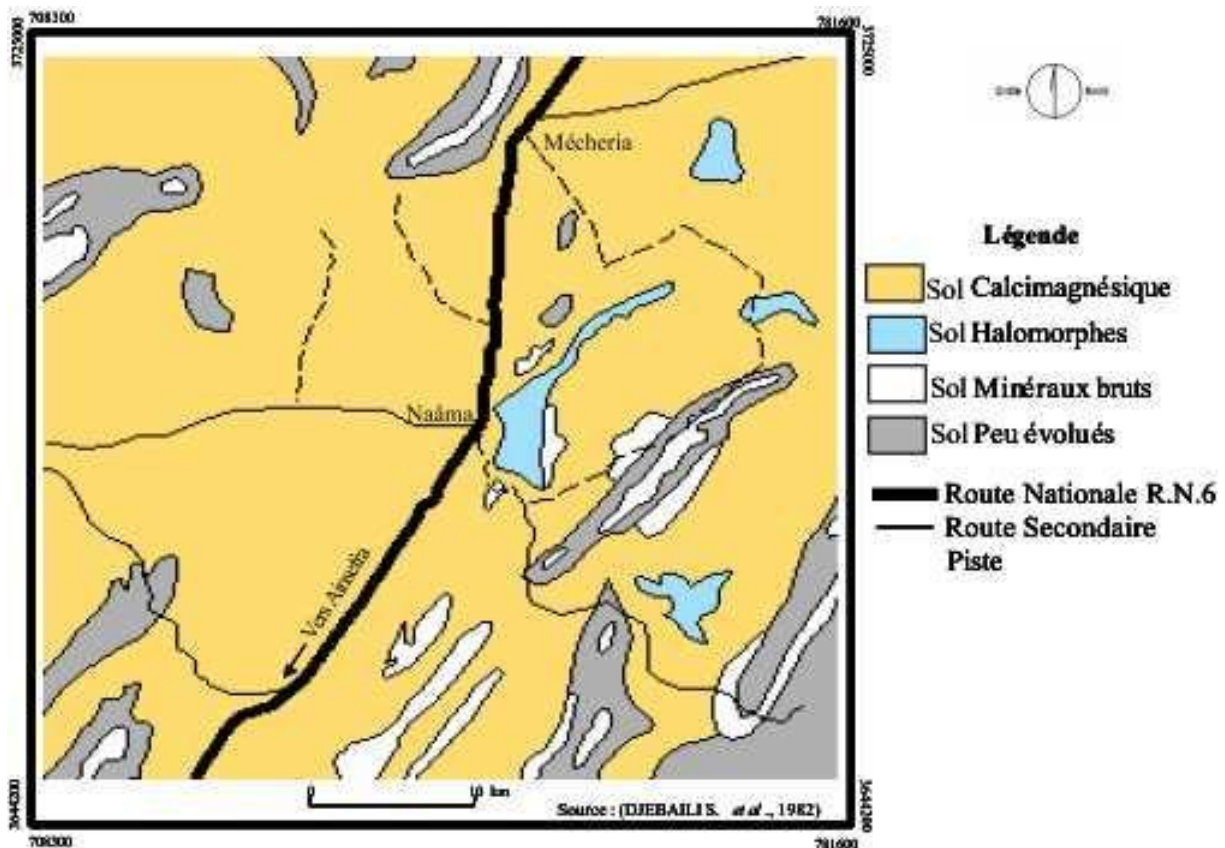
Cette classe est composée par :

Les sols peu évolués d'érosion sur roche mère dure (calcaire et gré) ou tendre (marnes), présentant une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse et un faible taux de matière organique (<2%). Les sols peu évolués d'apport alluvial occupent particulièrement les zones basses (zone d'épandage, daïa, chenaux d'oued). Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture. Les sols peu évolués d'apport colluvial : occupent particulièrement les piémonts des djebels et les cônes de déjection.

### **2.2.2.4. Les sols halomorphes**

Ils se localisent au niveau des zones de dépressions (Chott et sebkha) et des zones d'épandage des principaux oueds. Ces sols se développent sur des matériaux alluviaux à texture sablo-limoneuse, et ils se répartissent en auréoles autour des chotts et des sebkhas et en bas des glacis. Leur couvert végétal bien qu'homogène dans l'ensemble varie selon leur degré de salinité et leur taux d'humidité. Quant la salure est trop importante la végétation se compose d'espèces hyper-halophytes

(*Halocnemum strobilaceum*). Toutefois, lorsque cette salure diminue on rencontre un couvert végétal halophyte qui se compose de (*Salsola Vermiculata*, *Atriplex Halimus* et *Suaeda fruticosa*).



**Figure 12.** Extrait de la carte pédologique de la wilaya de Naâma - région centre -  
(DJEBAÏLI *et al.*, 1982)

### 2.2.3. Hydrogéologie

D'après la DHW (2010) (Direction des services hydraulique de la wilaya de Naâma), les ressources en eau souterraine de la zone proviennent de plusieurs systèmes aquifères dont la formation est favorisée par le contexte géologique, et en absence d'études hydrogéologiques, on considère que le potentiel en eaux souterraines relève de deux domaines :

- Les nappes phréatiques, exploitées principalement par les sources ;
- Les nappes profondes, exploitées principalement par les forages ;
- Le réseau hydrographique et les écoulements sont conditionnés par la structure du relief.

### 2.3. Cadre climatique

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants dans leur environnement (FAURIE *et al.*, 1980). Selon LACOSTE et SALANON (2001), le climat est l'une des composantes fondamentales d'un écosystème terrestre. Avec ses principaux paramètres, le climat reste l'élément le plus important dans la caractérisation des écosystèmes

forestiers. Cependant, ses caractéristiques difficiles à mesurer régulièrement d'une année à l'autre, constituent un problème majeur compte tenu des conséquences d'interprétation qui peuvent en découler. Ces difficultés sont liées principalement à l'insuffisance de postes météorologiques installés en régions forestières et à l'homogénéité des mesures climatiques par rapport à leur situation topographique très différentes.

Les facteurs climatiques regroupent un ensemble de facteurs énergétiques constitués par la lumière et la température, par le facteur hydrologique présenté par les précipitations et les humidités de l'air et les facteurs mécaniques avec le vent et l'enneigement (**RAMADE, 1984**). Les principaux facteurs climatiques, régissant l'extension du pin d'Alep, ce sont surtout la répartition de la pluviométrie, la sécheresse estivale et la moyenne des minima des mois les plus froids (m) qui exercent une action prépondérante et significative sur l'évolution des peuplements naturels (**KADIK, 1986**). En effet, les données climatiques exploitées dans cette étude sont issues de la station météorologique de Mecheria (tableau 1) pour la période 1985-2016.

**Tableau 1.** Caractéristique de la station météorologique

Station	Localisation	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Mecheria	à 30 km Nord du chef-lieu de wilaya	33°31' N	00°17' W	1149

### 2.3.1. Précipitations

Le climat méditerranéen se caractérise par une répartition irrégulière des précipitations au cours de l'année avec une période de sécheresse estivale plus ou moins importante qui représente la principale contrainte pour la végétation (**DAGET, 1977**). D'après le tableau 2, nous pouvons constater que le minimum pluviométrique, pour la station de Mecheria, apparaît en Juillet avec 6 mm alors que le maximum en Avril avec 26,8 mm.

La répartition saisonnière des précipitations est particulièrement importante pour le développement des annuelles dont le rôle est souvent prédominant dans la physiologie de la végétation (**MUSSET, 1935**).

Les précipitations les plus importantes sont celles qui tombent en automne et au printemps, par rapport à celles de l'hiver, bien que ces dernières constituent un apport non négligeable. Cependant, nous remarquons que la station de Mecheria présente un régime saisonnier des précipitations de type (PAEH).

**Tableau 2.** Variations des précipitations moyennes mensuelles pour la période (1985-2016)

Mois	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Total
P (mm)	20,1	15,7	22,8	26,8	18,6	15,9	6	10,2	24,1	23,7	24,1	14,7	<b>198,6</b>

(Source :ONM)

### 2.3.2. Température

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).

Des valeurs des moyennes annuelles «T» et mensuelles et les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M » (EMBERGER, 1930). Dans le tableau 3, la température mensuelle la plus chaude est de 37,6°C constatée au mois de juillet, et la température mensuelle la plus froide est du mois de janvier qui a la valeur de 2,5°C.

**Tableau 3.** Valeurs moyennes mensuelles des températures

Station		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Mecheria	m (°C)	2,5	3,65	6	8,28	12,92	17,89	19,36	19,95	16,58	12,04	6,65	3,55
	M (°C)	9,26	11,77	16,78	18,7	25,6	30,37	37,6	35,99	28,61	25,64	14,61	10,33
	T moy. (°C)	5,88	7,71	11,39	13,49	19,26	24,13	28,48	27,97	22,73	18,84	10,63	6,94

La zone d'étude est réputée très froide en hiver, au point d'enregistrer des chutes de neige. Leur fréquence annuelle, est en moyenne de 3,8 jours (station de Mecheria), mais la période d'enneigement est beaucoup plus longue. Cet enneigement est considéré à la fois comme facteur favorable (précieux apport en eau) et facteur contraignant (Coupures des voies de communication, isolement de certains territoires...etc.).

### 2.3.3. Jours de la gelée

SELTZER (1946) note que la gelée est un phénomène qui est défini comme un dépôt de cristaux de glace sur une surface, survenant lorsque la température minimale descend en

dessous de 0°C. A l'instar des espaces Hauts plateaux, la zone d'étude subit des gelées importantes et fréquentes en hiver et même au début du printemps, leur fréquence est évaluée en moyenne à 40,4 jours par année pour la (Station de Mecheria). Ces gelées constituent un facteur limitant pour les pratiques agricoles et une contrainte pour la végétation sensible et notamment ceux à floraison précoce. Ce qui impose la prise en compte de cette période gélive lors de l'élaboration du calendrier cultural principalement pour les cultures légumières de plein champ et l'arboriculture à floraison précoce (**AMARA, 2010**).

#### **2.3.4. Vents**

La fréquence des vents est importante sur l'année avec une moyenne de 18 jours par mois. Les vents dominants sont de direction Nord (nord, nord-ouest, nord-est). Ils représentent 48% de la fréquence totale ; Les vents de direction Ouest et Est représentent respectivement 16 et 4,6% ; Les vents de direction Sud (sud, sud-est, sud-ouest) représentent 31,4%.

A l'intérieur des ces espaces arides où le couvert végétal fût dégradé, le vent est considéré comme agent dynamique principal de l'érosion éolienne traduite par la formation des aires sableuses et la stérilisation des terres steppiques (**AGGOUN, 2016**).

#### **2.3.5. Synthèse bioclimatique**

Pour rendre les données climatiques plus significatives plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations (**EMBERGER, 1955**). La synthèse des données climatiques permet ainsi de classer ce climat afin de mieux se rendre compte sur la répartition et le comportement des différentes associations végétales et animales (**BENMEDAH, 2010**). Cette synthèse fait appel à plusieurs indices, dont nous retenons particulièrement :

##### **2.3.5.1. Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité**

L'amplitude thermique moyenne extrême (M-m) est un indice climatique très important car il permet de définir à partir de ce qu'on appelle « indice de continentalité » si la zone est sous influence maritime ou continentale (tableau 4).

**Tableau 4.** Type de climat en fonction des Amplitudes thermiques

Station	M °C	m °C	(M-m)°C	Type de climat
Mecheria (1985-2016)	37,6	2,50	35,1	Continental

La classification thermique des climats proposée par **DEBRACH (1953)** est fondée sur l'amplitude (M-m) :

- Climat insulaire :  $M-m < 15$  °C.
- Climat littoral :  $15$  °C <  $M-m < 25$  °C.
- Climat semi- continental :  $25$  °C <  $M-m < 35$  °C.
- Climat continental :  $M-m > 35$  °C.

D'après la classification mentionnée au tableau 4, on confirme que notre zone d'étude subit des influences continentales.

### 2.3.5.2. Indice de sécheresse estivale (I.e)

Selon **EMBERGER (1955)** l'indice de sécheresse estivale (**I.e**) est le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales (**P.E**) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud « M » (°c). dont **I.e = P.E/M**.

**Tableau 5.** Indice de sécheresse estivale

Station	P.E (mm)	M (°c)	I.e
Mecheria 1985-2007	32,1	37,6	0,85

Il ressort du Tableau 5 que l'indice de sécheresse calculé est très inférieur à 5 pour cette période, ce qui indique selon la grille de **DAGET (1977)** l'appartenance de la zone d'étude au climat méditerranéen à sécheresse estivale bien marquée.

### 2.3.5.3. Indice d'aridité de De Martonne

Selon **DE MARTONNE (1923)** l'indice d'aridité est utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse ; il est exprimé par la relation : **I = P/ (T+10)**.

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm) ;

T : Température moyenne annuelle en (°C).

**Tableau 6.** Indice de **DE MARTONNE** pour la station de mecheria (1985-2016)

Station	Indice	Type de climat
Mecheria	8,36	Climat steppique

Le tableau 6, nous a permis de constater que la station de Mecheria est sous l'influence d'un climat steppique

**Tableau 7.** Indice de **DE MARTONNE** (Ancienne période 1913-1938).

Station	P (mm)	T (°C)	I (mm / °C)
Mecheria	296,9	13,75	12,5

**Tableau 8.** Indice de **DE MARTONNE** (Période intermediaire 1980-2004)

Station	P (mm)	T (°C)	I (mm / °C)
Mecheria	161,39	11	7,68

- Pour l'ancienne période (1913-1938), l'indice de **De Martonne** calculé pour la station de Mecheria est de 12,5, ce dernier indique l'appartenance de la station Mecheria à l'étage semi-aride sec à drainage temporaire et à formation herbacée.

- Pour la période (1980-2004) au contraire, la station de Mecheria appartient à un régime désertique à écoulement temporaire avec 7,68.

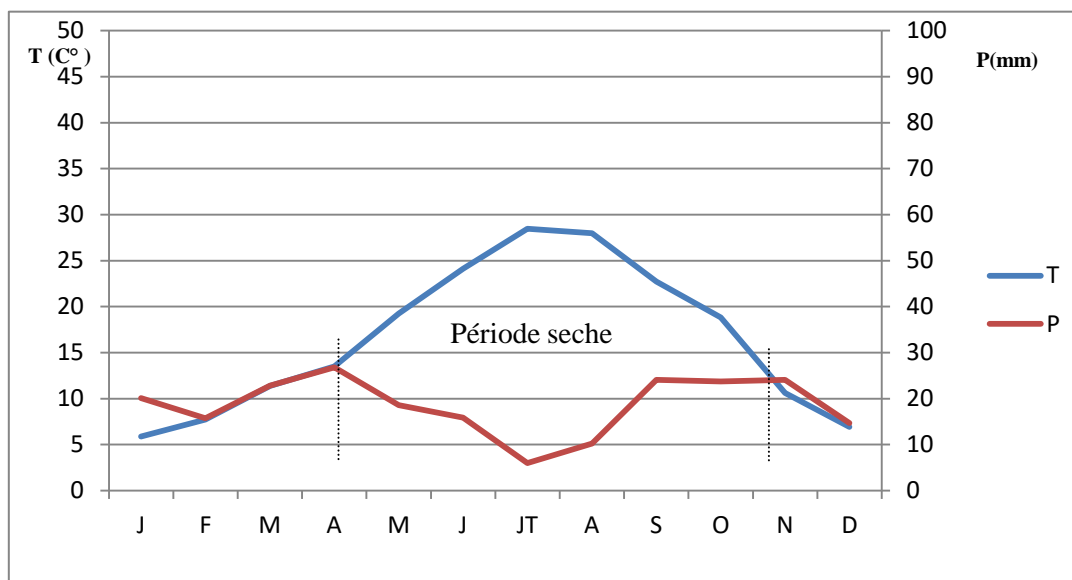
En comparant les valeurs de cet indice pour les deux périodes de références, on remarque qu'il baisse dans le temps d'où une aridité croissante.

- Pour la nouvelle période (1985-2016), on assiste à une augmentation légère de cet indice qui est de l'ordre de 8,36 ce qui signifie diminution de l'aridité.

#### 2.3.5.4. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN(1953)

**GAUSSEN et BAGNOULS (1953)** ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ( $P \leq 2T$ ). Le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS et GAUSSEN (1953)** permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle de la période indiquée.

Dans notre cas l'examen du diagramme ombrothermique (figure 13) montre que la station Mecheria présentent 8 mois de sécheresse ; généralement de Mars à Novembre. Ce qui confirme l'intensité de sécheresse dans la région.



**Figure 13.** Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station de Mecheria) pour la période (1985-2016)

### 2.3.5.5. Quotient pluvio-thermique et climagramme d'EMBERGER (1955)

Le botaniste Emberger a proposé un quotient pluvio-thermique plus précis. Pour calculer ce quotient deux facteurs importants sont à prendre en considération : la température et la pluviosité (GHERABI, 2013). Ce quotient permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, en abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid. Le quotient d'Emberger est calculé par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{1000 \times P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) \times (M - m)} = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

- P: moyenne des précipitations annuelles (mm) ;
- M: moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k) ;
- m: moyenne des minima du mois le plus froid (°k) ;
- T (°k) = T °C + 273,2



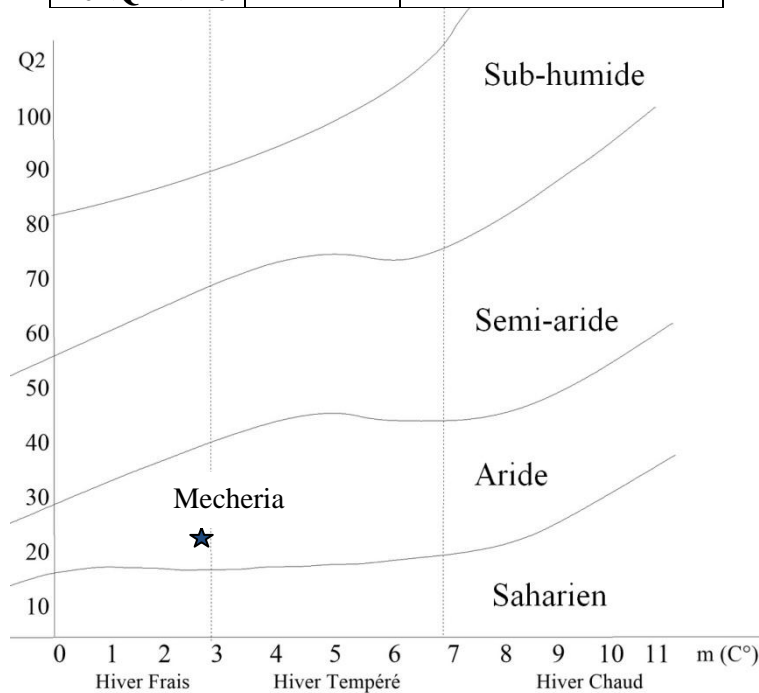
**Tableau 9.** Valeur du Q2 et étages bioclimatiques

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Étage bioclimatique
Mecheria (1985-2016)	221,2	37,6	2,5	21,49	Aride moyen à Hiver frais

En reportant cette valeur de Q2 sur le climagramme d'Emberger (tableau 9), on peut constater que la station de Mecheria est classée dans l'étage aride supérieur à hiver frais.

**Tableau 10.** Correspondances entre les étages bioclimatiques en fonction de Q2 et P(mm)  
**EMBERGER, 1955 ; LE HOUEROU, 1975 ; LE HOUEROU *et al.*, 1977)**

Q2	P (mm)	Étage bioclimatique	
Q2 < 10	<100	Saharien	
10 < Q2 < 45	100 à 200	Aride	
	200 à 300		Inférieur
	300 à 400		Moyen
45 < Q2 < 70	400 à 600	Supérieur	
45 < Q2 < 70	400 à 600	semi-aride	
70 < Q2 < 110	600 à 800	Subhumide	

**Figure 14.** Climagramme d'EMBERGER de la station de Mecheria

# Chapitre III

## Matériel et Méthodes

### 3.1. Région d'étude

La commune de Mecheria appartient à la wilaya de Naâma qui est issue du dernier découpage administratif institué par la loi 84-09 du 04 avril 1984. Elle se compose de sept (07) daïras regroupant douze (12) communes, elle se situe entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien et s'étend sur une superficie de 29819,30 Km<sup>2</sup>, pour une population estimée au 31/12/2017 à 274.067 habitants, soit une densité de 9,19 habitants/Km<sup>2</sup>.

Au nord de la commune de Mecheria situe notre région d'étude s'appelle « Draa El Aoud » sur un terrain domanial forestier. Elle a fait partie de la plantation qui a été effectuée en (1975) dans le cadre de programme de reboisement du barrage vert (figure 10).

### 3.2. Méthodologie

Sur terrain, et pour un ensemble de 18 parcelles, nous avons effectué un prélèvement de quelques mesures dendrométriques et phytosanitaires de 65 arbres, qui sont remarquablement subissés de dépérissement et les menaces des scolytes. De cet effet, des mesures dendrométriques (Hauteur/ diamètre) et une collecte des insectes logés le libre des troncs d'arbres étudiés ont été réalisés. Cette étude a pour objet d'évaluer les causes du dépérissement du pin d'Alep, qui menace non seulement les reboisements du barrage vert mais va causer des dégâts à l'avenir sur toute la pinède algérienne.

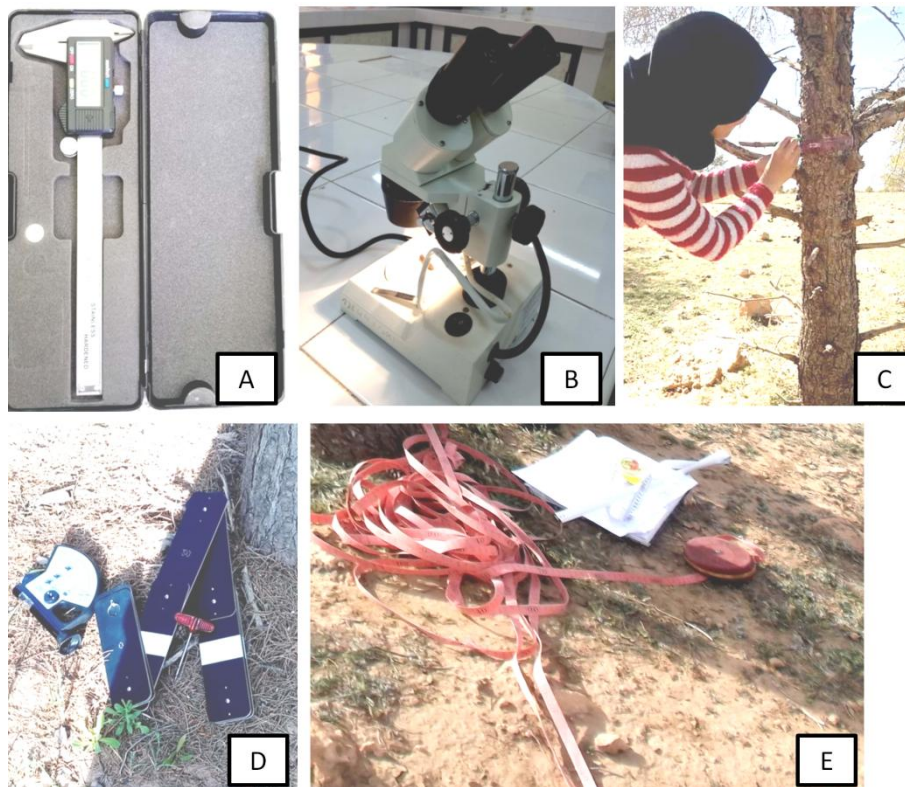
### 3.3. Matériel utilisé

Les arbres inventoriés sont localisés par GPS (*Système mondial de positionnement*). L'étude fait d'une partie, une analyse de dépérissement, pour ce faire, nous avons exploité le matériel suivant :

- Un marqueur et une règle pour délimiter le cadre de (10cm×10cm) sur les troncs d'arbres échantillonnés, où nous avons calculé le nombre des trous d'émergence des scolytes ;
- Pieds à coulisse digital double bec pour mesurer les dimensions des insectes inventoriés ;
- Loupe binoculaire pour donner une image agrandie des spécimens collectés ;

D'autre part, les instruments dendrométriques utilisés pour les mesures dendrométriques des arbres de *Pinus halepensis* sont les suivants :

- Mètre ruban de longueur de 20 mètre pour mesurer la circonférence des arbres à 1.30m ;
- Le dendromètre Blum-Liesse pour mesurer la hauteur des arbres.

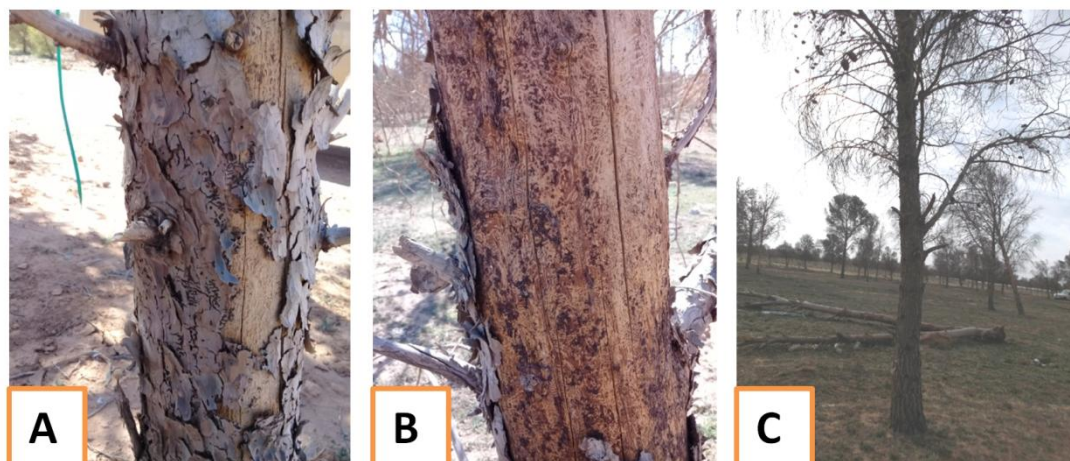


**Figure 15.** Matériel utilisé, A : Pieds à coulisse, B : Loupe binoculaire, C : Marqueur, D : Blume-leiss, E : Mètre ruban

### 3.4. Type d'échantillonnage

L'observateur juge les emplacements représentatifs des conditions du milieu et choisit comme échantillons les zones qui lui paraissent particulièrement homogènes et représentatives d'après son expérience<sup>1</sup>. A notre étude avons procédé un échantillonnage subjectif. Il consiste a inventoriés les pieds d'arbres qui sont remarquablement menacés par des dépérissements bien observés selon les critères des pieds échantillonnés : Défoliation ; Ecorce infecté par les galeries des scolytes ; Chute d'écorce ; Tronc infecté (figure 16).

<sup>1</sup> <http://ct72.espaces-naturels.fr/definir-les-modalites-de-l%E2%80%99echantillonnage>



**Figure 16.** Les Signes de dépérissement, A : Ecorce infecté, B : chute de l'écorce, C : Défoliation

### 3.5. Analyse du dépérissement

L'appréciation de l'importance du phénomène de dépérissement est souvent subjective. Les études de dépérissement des forêts se réfèrent à la réduction du volume de la cime globale qui est généralement estimé visuellement par une échelle semi-quantitative basée sur le pourcentage de défoliation appliquée à chaque arbre (MUELLER et STIERLIN, 1990). La défoliation est l'un des principaux facteurs utilisés pour évoquer la santé des forêts et la mortalité des sujets (DOBBERTIN et BRANG, 2001 ; DOBBERTIN, 2005). Plusieurs études ont suggéré l'existence d'une relation entre la tendance de déclin de la croissance et la défoliation dans un processus de dépérissement des forêts (JUMP et al., 2006 ; DROBYSHEV et al., 2007). Cependant, le protocole proposé permet d'évaluer les différents critères tels que la défoliation, la décoloration et les symptômes afin d'estimer la vitalité des arbres de pin d'Alep, en se référant à l'étude conduite par EICHHORN et al. (2010).

La méthodologie d'approche adoptée pour cette étude repose sur un matériel de base issu essentiellement des placettes les plus attaquées par des scolytes dans le reboisement de Draa El Aoud. Il s'agit de décrire l'état morphologique des sujets attaqués par les scolytes, respectivement la mise en place d'une analyse des tiges et des troncs et même des racines affleurées à la surface. Généralement, 4 arbres de chaque placette ont subi des comptages des trous d'émergence des scolytes dans le tronc des arbres.

### 3.6. Mesures dendrométriques

La connaissance de la croissance des arbres forestiers en relation avec les facteurs du milieu est importante en aménagement forestier et en matière de reboisement car elle permet de choisir les sites ayant les meilleures caractéristiques environnementales (**KHERCHOUCHE et al., 2011**). **RONDEUX (1993)** affirme que les grandeurs moyennes des arbres étudiées sont le diamètre et la hauteur.

Dans notre cas, nous envisageons d'étudier ces deux paramètres afin de comprendre les réponses en croissance de pin d'Alep. Alors, le procédé de travail consiste à prendre des mesures dendrométriques après le marquage des sujets dépéris étudiés à l'aide de peinture (figure17). Les mesures dendrométriques comprenant : la circonférence à 1,30 mètre du sol des arbres dépéris, et leur hauteur totale.



**Figure 17.** Marquage des sujets dépéris identifiés à l'aide de la peinture

#### 3.6.1. Mesure de la circonférence des troncs

La figure 18, montre la technique de mesure la circonférence (dhp) des troncs de pin d'Alep appliquée à 1,3m du sol. Elle était perpendiculairement au tronc par ruban métrique suivant la méthode de **DALLMEIER (1992)**. En effet, nous avons donc calculé le diamètre avec l'équation mathématique : (C) *Circonférence* = (D) *Diamètre*  $\times \pi$ .

$$C = D \times \pi : D = C / 3,14$$

C : circonférence (dhp) à 1,30 m du sol.

D : le diamètre à 1,30 m.





**Figure 18.** Mesure de la circonférence des arbres de *Pinus halepensis* dans la forêt de Draa el Aoud

### 3.6.2. Mesure de la hauteur des arbres

À l'aide d'un dendromètre *Blume-leiss*, dans chaque placette les mesures de la hauteur des arbres ont été effectuées. D'abord on place une mire pliante dans l'arbre, nous avons choisi l'échelle de mesure des hauteurs selon la distance. Dans notre cas nous avons choisi l'échelle de 15 mètres de hauteur. Ensuite nous avons effectué 2 observations, une au niveau du pied de l'arbre et une autre observation vers le sommet de l'arbre. Alors, à partir des deux visions on a calculé la hauteur des arbres, dont on ajoute les deux lectures.



**Figure 19.** Mesure de la hauteur des arbres de pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud

### 3.7. Inventaire des insectes de dépérissement

Suite une vérification superficielle de l'écorce des bois menacées, nous constatons la présence des galeries de scolytes, et le détritrus de liber. Ce qui nous incite à effectuer quelques prélèvements sur pieds représentatifs des troncs infectés par les scolytes. De ce fait, les

insectes et les larves collectés ont été emportés sur boîtes stérilisées au laboratoire de zoologie à l'université de Tlemcen pour les identifier (Figure 20).



Légende, A : des scolytes sur l'écorce B : galeries creusées par les scolytes. C : larves récoltés de la racine du  
*Pinus halepensis*

**Figure 20.** Prélèvements des échantillons

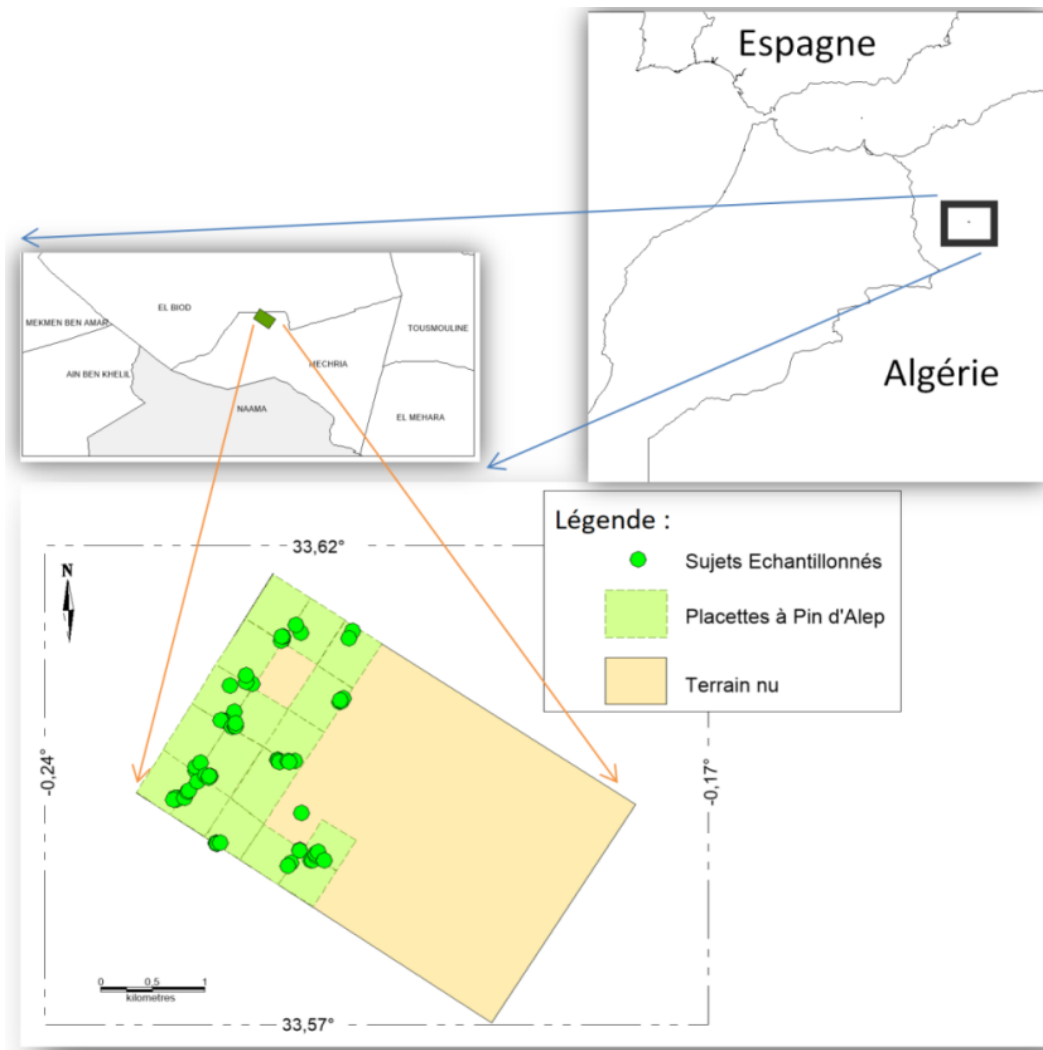


# Chapitre 4.

## Résultats et discussion

#### 4.1. Station d'étude

Notre région d'étude se trouve au nord de l'Atlas Saharien, c'est la forêt de Draa El Aoud située dans une aire qui a fait l'objet de reboisement réalisé dans la partie nord de la commune de Mecheria. Ce type de boisement de masse est réalisé à base de *Pinus halepensis*, il a pour objectif d'accroître la superficie forestière qui joue un rôle protecteur, d'une superficie de 1000 hectares, elle s'inscrit entre les coordonnées géographiques du cadre : la latitude de  $33,57^{\circ}\text{N}$  et  $33,62^{\circ}\text{N}$  et de la longitude  $0,23^{\circ}\text{W}$  et  $0,18^{\circ}\text{W}$ .



**Figure 21.** Position des placettes du dépérissement dans le boisement de masse Draa El Aoud

Notre région d'étude est considérée comme une station de boisement d'un peuplement équienné du pin d'Alep où les pieds d'arbre sont âgés 44 ans. Les résultats relatifs aux mesures sur les sujets échantillonnés, concernant le nombre de trous/100cm<sup>2</sup> et les mesures dendrométriques (Hauteur/diamètre) sont regroupés dans le tableau 11.

**Tableau 11.** Mesures dendrométriques (Hauteurs/diamètres) et le nombre (Trous/100cm<sup>2</sup>)

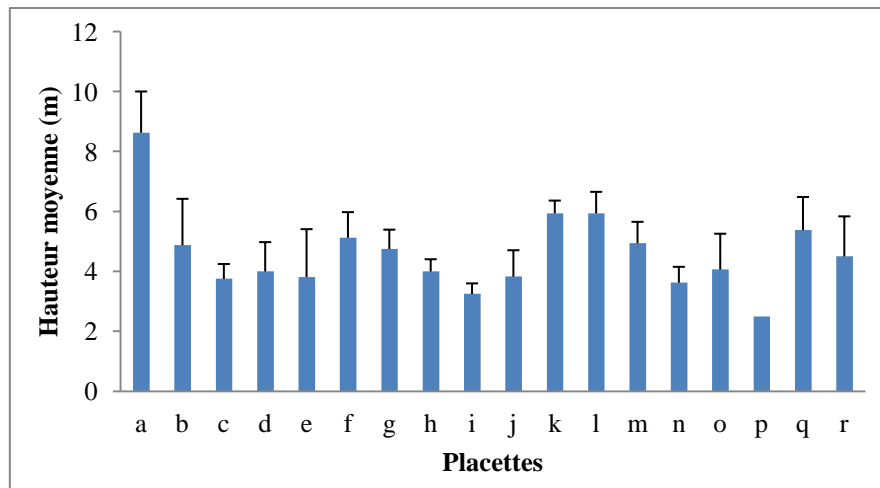
Placettes	Tr./100cm <sup>2</sup>	H moy. (m)	D moy. (m)
a	10,25±6,02	8,63±1,38	0,22±0,02
b	21,75±18,03	4,88±1,55	0,16±0,04
c	38,25±20,52	3,75±0,5	0,16±0,04
d	36±13,11	4±0,98	0,12±0,02
e	41,25±14,15	3,81±1,60	0,13±0,03
f	18,75±6,45	5,13±0,85	0,15±0,04
g	10,75±5,91	4,75±0,65	0,13±0,01
h	25,25±19,05	4±0,41	0,11±0,01
i	26±0	3,25±0,35	0,12±0
j	25±9,38	3,83±0,88	0,12±0,01
k	22±20,02	5,94±0,43	0,16±0,02
l	39,5±2,38	5,94±0,72	0,16±0,02
m	32,5±12,77	4,94±0,72	0,13±0,01
n	25,5±17,68	3,63±0,53	0,11±0
o	33±7,44	4,06±1,2	0,16±0,04
p	7±0	2,5±0	0,11±0
q	33,25±21,75	5,38±1,11	0,16±0,03
r	23,75±13,79	4,5±1,34	0,15±0

**Tr:** trous ; **H moy:** hauteur moyenne ; **D moy:** diamètre moyen

## 4.2. Analyses dendrométriques

### 4.2.1. Hauteur

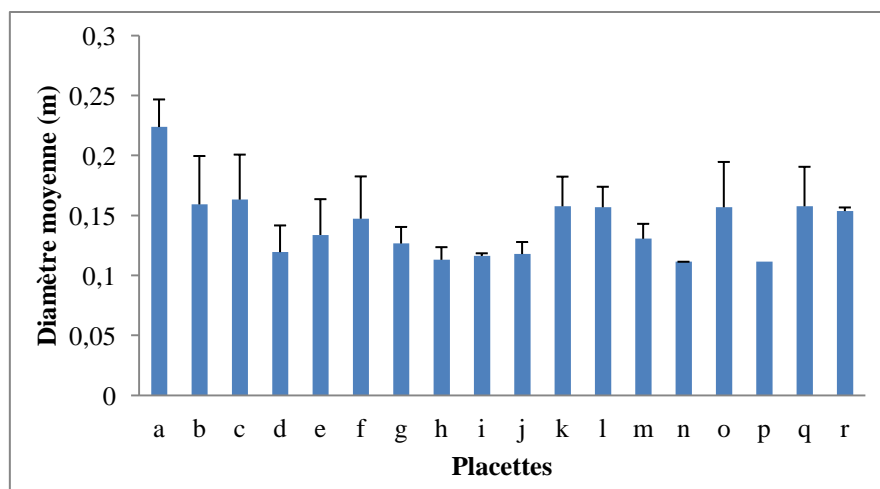
La figure (22) nous a permis de constater une distribution irrégulière des pieds d'arbres échantillonnés en hauteur, toutefois la hauteur moyenne est variée entre 2,5m et 8,6m. Cette dernière semble minime si nous la comparons avec l'étude de **KADIK (1987)** pour les autres pineraies de l'Atlas Saharien, notamment dans les wilayas de Msila, de Djelfa et de Laghouat où la hauteur moyenne des peuplements est variée entre 12,2m et 14,5m. En justifiant celle-ci peut-être par les conditions édaphoclimatiques qui constituent un facteur limitant pour le bon développement du *Pinus halepensis* dans notre région d'étude. **BROCHIERO et al. (1999)** notent que les altitudes supérieures à 600 mètres sont limitantes pour le développement de l'espèce. Alors, notre station d'étude située à 1112 m d'altitude.



**Figure 22.** Distribution de La hauteur moyenne des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud dans les placettes

#### 4.2.2. Diamètre

Le diamètre des arbres du *Pinus halepensis* se répartit de 0,11m à 0,22m. Le diamètre le plus faible (0,11m) a été enregistré au niveau de la placette (p) dont une parcelle très dégradée. Cependant, le diamètre le plus remarquable (0,22m), est enregistré à la placette (a). Cependant, les arbres étudiés ont un diamètre moyen de 0,14cm (Figure 23).

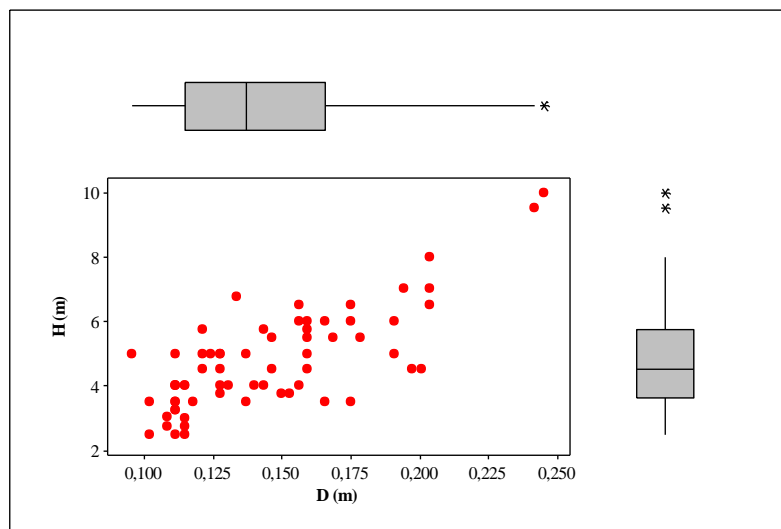


**Figure 23.** Distribution des diamètres des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud

#### 4.2.3. Corrélation (Hauteur/diamètre)

La figure 24 montre une dissimilitude de dimensions mesurées (Hauteur/diamètre) pour une population considérée comme ayant le même âge ! Ce qui nous amène à dire que ce boisement n'a pas été convenable aux attentes. Cependant, quelques arbres ayant poussé de manière assez moyenne dont la médiane de la hauteur est 4,53 m et la médiane de diamètre

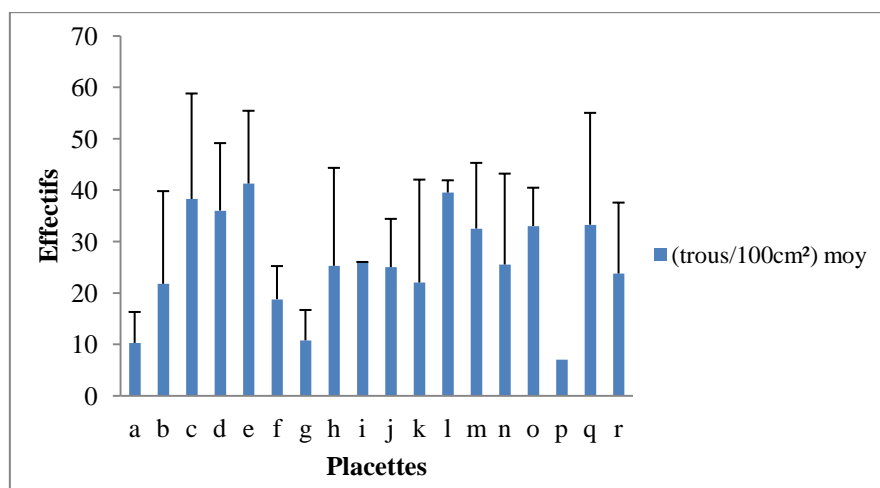
est de 14 cm. Tandis, deux arbres seulement qui ont des valeurs aberrantes poussent bien par rapport 65 pieds échantillonnés.



**Figure 24.** Corrélation (Hauteur/diamètre) et tracés marginaux aux boîtes à moustaches

#### 4.2.4. Distribution des trous de scolytes

Nous constatons que les dégâts des scolytes sont largement dépend au nombre de trous/100 cm<sup>2</sup> par pieds. En effet, le nombre des trous varie d'une placette à l'autre, dont le nombre le plus faible est enregistré au niveau des placettes (a, g, p) et le maximal est constaté dans les placettes (e, l). La distribution moyenne des trous est d'environ 27 trous/100 cm<sup>2</sup> (Figure 25).

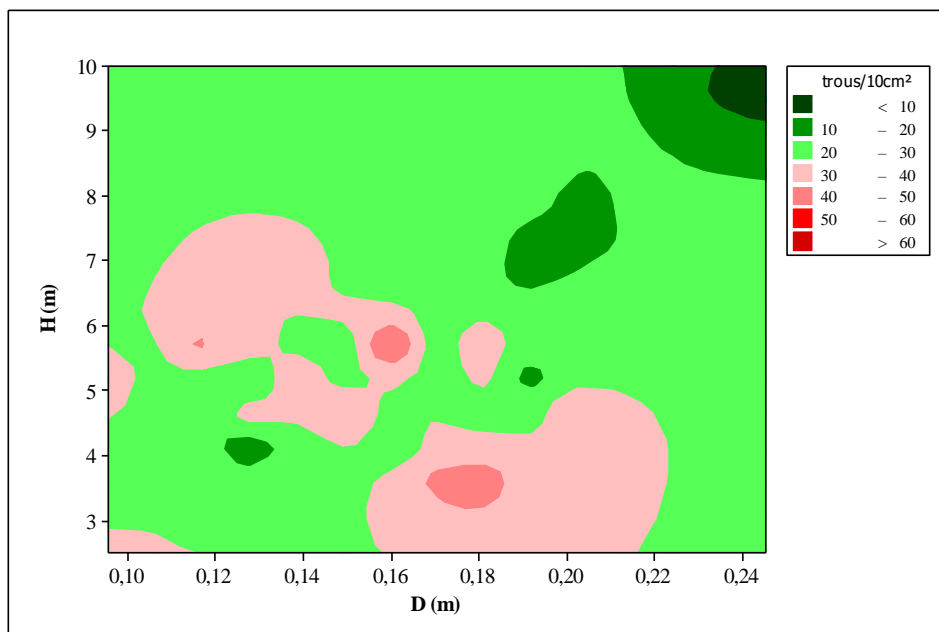


**Figure 25.** Distribution des scolytes dans la forêt

#### 4.2.5. Corrélation entre (Hauteur/diamètre) et (Trous/100cm<sup>2</sup>)

Les scolytes repèrent leurs hôtes par divers stimuli sensoriels (forme de l'arbre, composés chimiques émis par les arbres...etc.). Le diamètre de l'arbre (ou la circonférence) est une

caractéristique importante dans la sélection de l'hôte. Il peut déterminer la qualité individuelle de la descendance (par exemple la taille corporelle des descendants et leur contenu lipidique) (GRAF *et al.* 2012). Dans notre région d'étude, nous marquons que les attaqués par les scolytes se répartissent dans toutes les classes par rapport le ratio (Hauteur/diamètre). Qui nous a permet de dire que plus il y a une obstruction d'accroissement réglementaire en hauteur et en diamètre, plus il y a le risque d'être attaqués par les scolytes, sauf la particularité enregistrée chez les arabes qui ont une bonne croissance, d'environ 9m de hauteur et 22cm de diamètre, où le nombre des trous des scolytes diminue à moins de 10 trous/100m<sup>2</sup> (Figure 26). Tous les arbres ne sont pas attractifs pour les scolytes, seuls qui se trouvent dans un état de déficience physiologique à la suite de blessures, de sécheresses, d'incendies ou ceux qui sont renversés par le vent ou fraîchement coupés (DURAND-GILLMANN, 2014).



**Figure 26.** Bande de contour des trous /100cm<sup>2</sup> en fonction de la hauteur et le diamètre des arbres

### 4.3. Etat phytosanitaire du peuplement de Draa El Aoud

Le dépérissement a été découvert au niveau de la station d'étude dans 18 placettes de l'ensemble de (22) boisées dans la forêt de Draa El Aoud. Parmi les symptômes les plus visibles, la couleur pale des houppiers (Figure 27) et le bois morts (Figure 28). Les placettes les plus menacées sont (a, f) où le phénomène de dépérissement est plus accentué (soit 687 arbres morts dans la placette (a) et 279 arbres morts dans la placette (f), dans (Annexe 2).



**Figure 27.** Houppiers de couleur pale



**Figure 28.** Pieds d'arbres dépéris

Le tableau 12, représente six espèces xylophages ravageuses du *Pinus halepensis* répartissent en quatre familles inventoriées dans la zone d'étude : Cerambycidae, Colydiidae, Scolytidae et Notodontidae.

**Tableau 12.** Répertoire des xylophages identifiés

<b>Familles</b>	<b>Espèces</b>
<b>Cerambycidae</b>	<i>Arhopalus ferus</i>
	<i>Arhopalus ssp</i>
<b>Curculionidae</b>	<i>Orthotomicus erosus W.</i>
	<i>Orthotomicus proximus E.</i>
<b>Colydiidae</b>	<i>Colydium ssp.</i>
<b>Notodontidae</b>	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>

#### 4.3.1. Chenille processionnaire du pin

L'attaque de la chenille processionnaire du pin (*Traumatocampa pityocampa* : Notodontidae) est bien observée dans la station d'étude, c'est la plus connue par la circonscription des forêts de Mecheria. Selon ces derniers, le taux de l'infestation de la processionnaire du pin est



moyen. Elle se répartit sur une étendue d'ordre 300 ha. Le taux d'infestation diffère d'une parcelle à l'autre. Alors, c'est l'insecte le plus remarquable que nous observons dès la première sortie de prospection sur terrain. Cette dernière provoque des dégâts sur le feuillage et le bois. Malheureusement, à nous jours aucune action de lutte n'a été constatée (Figure, 29).



**Figure 29.** Atteintes sur le peuplement (A. Bois morts ; B. La chenille processionnaire de pin ; C. Défoliations des arbres due à la chenille processionnaire du pin)

Le développement de la chenille processionnaire se divise en deux phases, une phase aérienne et une phase souterraine dont la phase aérienne dure cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement précédent la nymphose, là où l'apparition des adultes (imagos) a lieu au cours des mois de juillet et août. En suite une période d'éclosion des chenilles qui vont passer par cinq stades nommés de L1 à L5 (Figure 30). Dès l'arrivée des premiers froids, la colonie commence la construction du nid d'hiver (figure 31) qui va permettre la survie du groupe (DEMOLIN, 1967).



**Figure 30.** Les différents stades larvaires la chenille processionnaire du pin (TALBI, 2019)





**Figure 31.** Balai de sorcière dans la forêt de Draa El Aoud (TALBI, 2019)

D'après DEMOLIN (1967), la phase aérienne se termine par la procession de nymphose où la chenille se dirige vers un terrain qui est ensoleillé et meuble en suite les chenilles de la procession se regroupent et l'enfouissement peut commencer (Figure 32), elles peuvent aller de 5 à 20 cm sous terre, et la phase souterraine peut alors commencer. Une fois sous terre, les chenilles tissent autour d'elles un cocon de nymphose et arrêtent leur développement.



**Figure 32.** Fin de la procession et début d'enfouissement (TALBI, 2019)

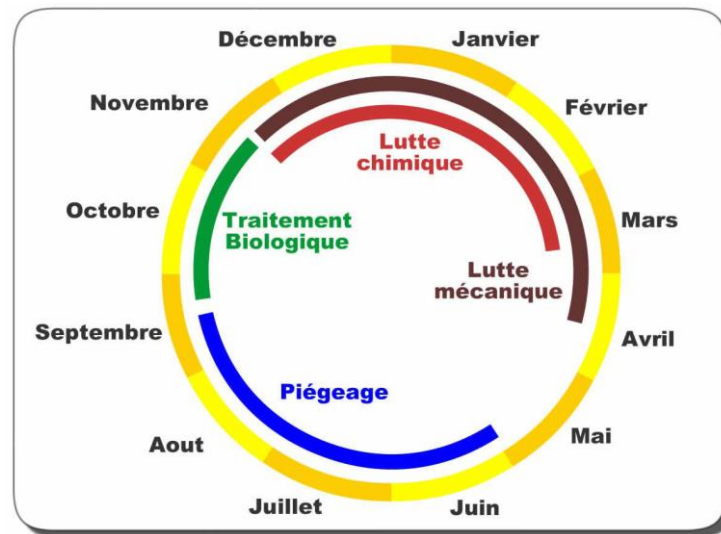
#### **4.3.1.1. Dégâts forestiers et lutte environnementale**

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

#### **4.3.1.2. Lutte contre la chenille processionnaire**

Il existe plusieurs types de lutte contre ce parasite (figure 33) et la plus utilisée c'est la lutte mécanique effectué manuellement par l'enlèvement et l'incinération des bourses mais le taux

d'efficacité de lutte reste loin d'être appréciable à cause de la discontinuité des traitements dans le temps pour divers raisons, en ce qui concerne notre région d'étude aucune action de lutte n'a été entreprise (MARTIN, 2007).

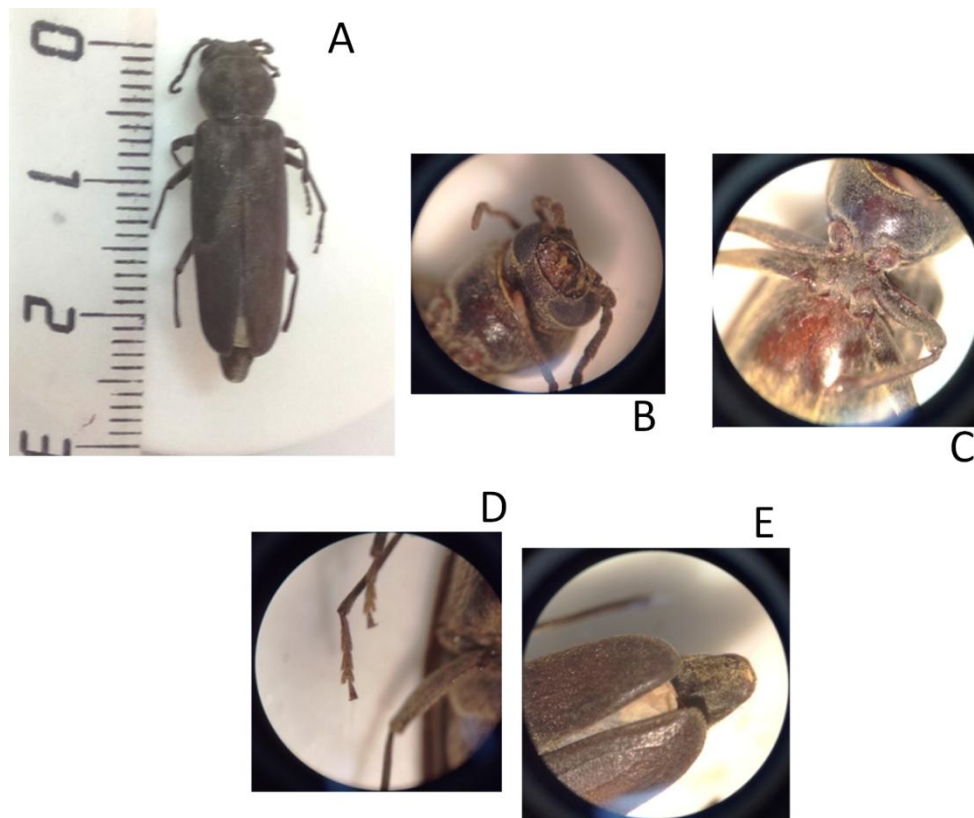


**Figure 33.** Calendrier de lutte contre la chenille processionnaire (MARTIN, 2007)

#### 4.3.2. Longicorne de pin *Arhopalus fesus*

Les Cerambycidae l'un des groupes d'insectes les plus importants du monde sur le plan économique en raison de ses larves mineuses d'arbres (LINSLEY, 1959). HANKS (1999) a noté, pour les stades larvaires de Cerambycidae, quatre grandes catégories de plantes-hôtes : arbres sains, hôtes affaiblis, hôtes stressés et hôtes morts. La dernière comporte plusieurs générations de ces insectes foreurs. Ces insectes attaquent le bois fraîchement mort avec écorce intacte (ANDRZEJ, 1986).

Selon DOMINIK (1968), le genre *Arhopalus* apparaît en grand nombre quand les conditions climatiques, notamment la température, deviennent favorables en juin tandis que les précipitations durant ce mois diminuent l'abondance de l'espèce dès que l'eau pénètre dans les chambres de nymphose. En effet, les attaques des insectes nuisibles comme l'insecte qui nous découvrons *Arhopalus fesus* pour la première fois dans la région d'étude constitue un vrai problème pour cette essence dans la mesure où des parcelles entières ont été détruites (Figure 34).



**Figure 34.** *Arhopalus ferus* (A, face dorsale *A.ferus* ; B. la tête ; C. Thorax ; D. Les pattes ; E. l'extrémité l'Abdomen) (TALBI et KECHAIRI, 2019)

*Arhopalus* (un membre de la sous-famille *Aseminae*) est un genre de *Cerambycidae* de l'hémisphère Nord, vaste et diversifié avec environ 25 espèces et sous-espèces et se produit maintenant dans toutes les grandes régions biogéographiques du monde par la propagation du commerce (AURIVILLIUS, 1912 ; LINSLEY, 1962 ; CHEMSAK et LINSLEY, 1965 ; HUA, 1982; BENSE, 1995). Les données connues sur les hôtes montrent qu'*Arhopalus* est principalement associé aux conifères, en particulier *Pinus* et *Picea* (BENSE, 1995). Certaines espèces d'*Arhopalus* sont d'importants ravageurs de *Pinus* transformés ou brûlés endommagés dans le monde entier (LINSLEY, 1962 ; DUFFY, 1968 ; HOSKING et BAIN, 1977 ; BRADBURY, 1998).

#### 4.3.2.1. Cycle Biologique

L'*Arhopalus ferus* attaque principalement des *Pinus* morts, blessés par le feu ou d'autres dommages (DUFFY, 1968 ; HOSKING et BAIN, 1977). Il attaque occasionnellement des arbres en croissance et apparemment en bonne santé (DUFFY, 1968). Il lui faut de 3 à 4 ans pour terminer son cycle de vie et les adultes peuvent être trouvés du début de l'été au début de l'automne (DUFFY 1968 ; BENSE 1995). Dans les régions où le temps est doux, comme en

New-Zélande, son cycle de vie peut être aussi court que 1 ou 2 ans (**HOSKING et BAIN, 1977**). Les femelles adultes sont fortement attirées par les matières volatiles provenant de l'écorce de pin brûlée et préfèrent pondre des œufs sur des billes brûlées plutôt que sur des rondins non brûlés (**SUCKLING et al., 2001**). L'alimentation des larves dans les arbres endommagés par le feu dégrade le bois et réduit le temps de récupération. Les adultes peuvent vecteur des champignons tachetés de sève, qui dégradent davantage le bois (**BRADBURY, 1998**). La collecte des larves d'*Arhopalus* dans le champ est difficile parce qu'elles se nourrissent dans le bois (Figure 35).



**Figure 35.** Les stades de développement de d'*Arhopalus fergus*: (A) Larve d'*A. fergus* ; (B et C) Nymphes d'*A. fergus*; (D) Adulte d'*A. fergus* (**TALBI, 2019**)

#### 4.3.2.2. Distribution.

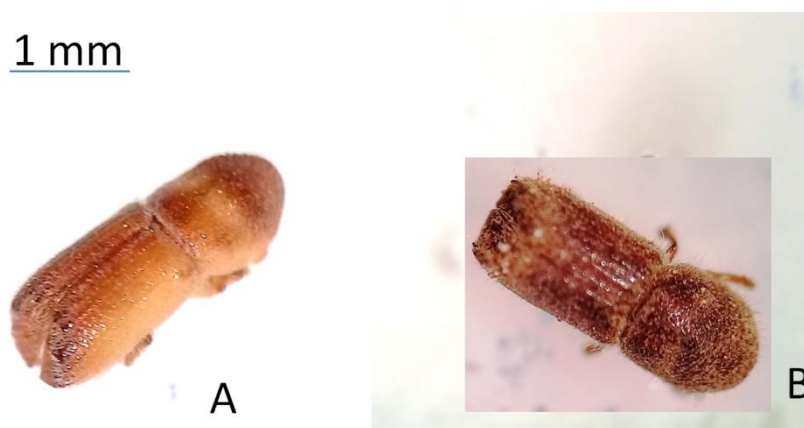
*Arhopalus Ferus* (Mulsant, 1839) est largement connue par longicorne de pin brûlé, (Coleoptera : Cerambycidae). Cette espèce est largement répandue dans la plupart des régions d'Europe (**DUFFY, 1968 ; BENSE, 1995**). C'est une espèce introduite d'origine paléarctique qui se produit en New-Zélande en association avec des arbres morts et bois sciés de *Pinus* (**HOSKING et BAIN, 1977 ; BROCKERHOFF et HOSKING, 2001**).

#### 4.3.3. Curculionidae (Scolytidae)

Les scolytes sont généralement des coléoptères cambiohages, appartenant à la famille des Curculionidés, exclusivement diurnes au stade adulte. Ils peuvent causer des dégâts aux arbres en creusant des galeries sous l'écorce, au niveau du cambium, lieu où les futures cellules du xylème sont élaborées. Le groupe des scolytes (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae) est

considéré de longue date comme un acteur majeur des dépérissements forestiers dans le monde entier (DURAND-GILLMANN, 2014).

Les espèces du genre *Othotomicus*, *O. erosus* et *O. proximus*, se développent particulièrement au dépens d'arbres affaiblis. Néanmoins, elles peuvent devenir menaçantes et se comporter comme ravageurs primaires dans le cas de fortes densités (GUIT, 2015). *Othotomicus erosus*, ou l'Érodé, est un insecte exclusivement dépendant des résineux (BALACHOWSKY, 1963). Il s'attaque à toutes les espèces de pins (HAACK *et al* 2004 ; LEE *et al.*, 2008).



**Figure 36.** A, adulte d'*Orthotomicus proximus* E ; B, Adulte d'*Orthotomicus erosus* W (TALBI 2019)

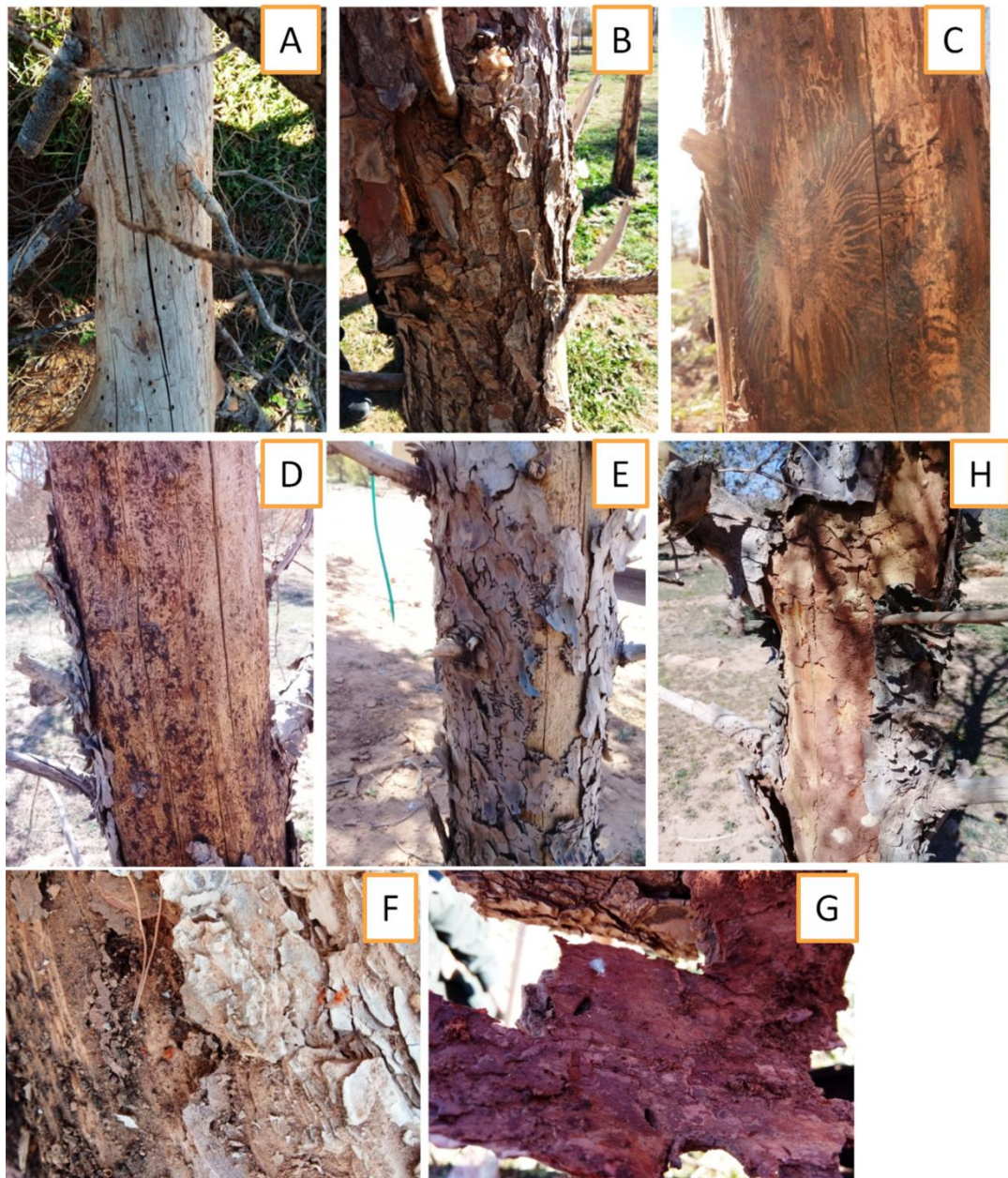
#### 4.3.4. Colydiidae

Un grand nombre de *Slaphylinoidea*, *Hisleridae*, *Colydiidae* sont signalées dans les galeries des scolytes, qui sont des prédateurs accidentels ou des détriticoles, sous-corticaux, vivant normalement sous n'importe quelle écorce et dans les galeries de toutes espèces de xylophages (BALACHOWSKY, 1949).

#### 4.4. Symptômes et dégâts

Les attaques des scolytes sur le tronc sont visibles par la formation de pralines de résine sur le tronc pour repousser l'insecte, ou par la présence de vermoulure rose sur l'écorce du à l'activité de forage de l'insecte (SAUVARD *et al.*, 1987).





**Figure 37.** Traces des ravageurs, A. Trous des scolytes, B. Praline de résine; C,D. Galeries des de scolytes sous écorce.; F. Vermoulure rose. G, Trous de sortie des adultes ;H. Dégâts des larves d'*A. ferus* sur l'aubier (TALBI, 2019)

#### 4.5. Lutte et traitement

##### 4.5.1. Lutte contre l'*Arhopalus*

Il existe plusieurs méthodes pour lutter contre ces ravageurs nuisibles, et parmi les traitements on cite :

##### 4.5.1.1. Traitement par fumigation au fluorure de sulfuryle

Il est utilisé contre les nématodes et les insectes présents dans le bois écorcé, ce traitement décrit la fumigation du bois écorcé avec du fluorure de sulfuryle en vue de réduire le risque

d'introduction et de dissémination d'insectes nuisibles et de *Bursaphelenchus xylophilus* (nématodes du pin). Cependant, la fumigation de bois écorcé dont la plus petite dimension, en section transversale, n'excède pas 20cm, et dont la teneur en eau ne dépasse pas 75% (base sèche), conformément à un protocole permettant d'atteindre le produit concentration-temps (CT) minimal sur une période unique de 24 ou 48 heures à la température et à la concentration résiduelle finale indiquées dans le tableau (13). Le traitement avec fluorure de sulfuryle est efficace contre les nématodes et insectes nuisibles à tous les stades de développement lignicole. Il permet d'obtenir, avec un degré de confiance de 95%, les taux de mortalité aux divers stades de développement lignicole des nématodes et les insectes de genre *Arhopalus* peut atteindre 99% (FAO, 2017).

**Tableau 13.** Produit concentration-temps (CT) minimal sur une période unique de 24 ou 48 heures pour le bois écorcé traité par fumigation au fluorure de sulfuryle

Température	Durée (heures)	CT minimal exigé (g·h/m <sup>3</sup> )	Concentration minimale (g/m <sup>3</sup> )
≥ 20 °C	48	3000	29
≥ 30 °C	24	1400	41

#### 4.5.1.2. Produit phytosanitaire FORESTER

Est un produit phytopharmaceutique homologué pour un usage en forêt. Produit de référence de l'AMM (autorisations de mise sur le marché), il se présente en émulsion aqueuse EW, non corrosive et non volatile, formulation plus respectueuse de l'environnement. C'est un traitement liquide protège les jeunes plantations résineuses des attaques d'insectes xylophages, il augmente la résistance des jeunes plants aux multiples attaques des ravageurs. Il améliore l'état sanitaire et la reprise des plants, réduit les pertes, le taux de regarnis et les interventions coûteuses, il est efficace quelque soit le stade du ravageur, il offre une protection préventive, curative et stoppant, aussi bien par temps froid que par temps chaud. Il est utilisable toute l'année, au moment le plus utile.<sup>2</sup>

#### 4.5.2. Lutte contre les Scolytidae

La lutte exclusivement préventive consiste à éviter la colonisation par les insectes xylophages des seules catégories de produits ligneux de grande qualité, plus particulièrement les grumes de tranchage ou de déroulage. Pour lutter la propagation de ces ravageurs il faut d'abord une

<sup>2</sup> [arole.pagesperso-orange.fr/Fiches/Ftech/Ftech\\_Forester.pdf](http://arole.pagesperso-orange.fr/Fiches/Ftech/Ftech_Forester.pdf)

élimination complète des branches ou des arbres atteints suivie rapidement par une incinération. Dans certains cas, l'installation de pièges à phéromones pour éliminer les scolytes adultes peut être efficace en diminuant sensiblement la population de ravageurs. Parmi les modalités possibles de la lutte contre les insectes xylophages, c'est l'éloignement du bois infecté hors forêt, avant la période de l'activité biologique des insectes xylophages.

#### **4.6. Causes de dépérissement**

##### **4.6.1. Sécheresse et stress hydrique:**

Durant des périodes de stress telles que les sécheresses, la répartition des produits de la photosynthèse entre la croissance et les mécanismes de défense est une composante cruciale de la survie des arbres (**LORIO et SOMMERS, 1986**). Selon **DURAND-GILLMANN (2014)**, un déficit carboné est d'autant plus important si une sécheresse se produit durant les périodes de croissance, cela peut conduire à un manque de réserves ou à un affaiblissement des défenses de l'arbre contre les attaques d'insectes ou de pathogènes pouvant, par conséquent, entraîner la mort de l'arbre, par ailleurs, les plantes stressées peuvent être plus attractives ou plus facilement acceptées par les insectes, qui peuvent détecter leurs propriétés thermiques, acoustiques et biochimiques, et la qualité spectrale et thermique des plantes change lors d'un stress hydrique pouvant influencer le comportement et le développement de certains insectes. Les propriétés acoustiques des plantes servent comme mode de communication entre individus chez certains insectes phytophages (**VISSER, 1988**). Les changements biochimiques du contenu cellulaire des plantes en réponse au déficit hydrique, comme la production d'éthanol des feuilles ou l'augmentation des terpènes (alpha-pinene), peuvent attirer de façon significative de nombreux insectes, notamment phloémophages (**BYERS, 1992**).

Cependant, il faut souligner que les changements induits par les sécheresses dans la qualité nutritive de l'hôte (eau, hydrates de carbone, composés azotés...) ou dans les mécanismes de défense peuvent limiter le développement et les dommages des parasites (**FORKNER et al., 2004; ROUAULT et al. 2006; JACTEL et al., 2011**). Des sécheresses extrêmes peuvent conduire à l'effondrement des populations d'insectes sur de larges échelles spatiales (**YARNES et BOECKLEN, 2005**).

Le potentiel hydrique est utilisé comme un indice de prédisposition aux attaques de scolytes, car un potentiel hydrique plus bas signifie que l'arbre est soumis à un stress hydrique plus fort



et peut être plus vulnérable aux attaques de scolytes le stress hydrique chronique sur de longues périodes est généralement la cause principale des dépérissements forestiers observés (**DURAND-GILLMANN, 2014**). Le stress hydrique affaiblit l'arbre et finit par le tuer, soit directement par la privation de carbone, car l'arbre en fermant ses stomates lors d'un stress hydrique réduit aussi sa photosynthèse, ou par cavitation de la sève, soit indirectement par les attaques de parasites comme les scolytes qui profitent de la décroissance des défenses d'arbres frappés de privation chronique (**MCDOWELL *et al.*, 2013**). Le stress hydrique est souvent cité comme facteur responsable de la pullulation des insectes forestiers (**MATTSON et HAACK, 1987**). D'après les conclusions des auteurs (**GARREC *et al.*, 1989** ; **LE BOURGEOIS et BECKER, 1996** ; **ZINE EL ABIDINE, 2003** ; **BENTOUATI et BARITEAU, 2006**), le déficit hydrique apparaît comme un facteur prédisposant et/ou d'incitation le plus associé au dépérissement des forêts.

#### **4.6.2. Effet de la température:**

Un facteur clé affectant la croissance et la phénologie des arthropodes saproxyliques est la température (**HEINRICH, 1993**), qui peut affecter différemment les différents stades de la vie (**AMARASEKARE et SIFUENTES, 2012**). Le taux métabolique des insectes double généralement avec une augmentation de température de 10 C° et est un facteur déterminant du taux critique qui influe sur la phénologie (**CLARKE et FRASER, 2004**). L'incapacité d'observer directement l'éclosion des œufs et la croissance des larves sans détruire le substrat hôte, les bûches et l'écorce, là où elles se trouvent, nuit à la détermination de la température quotidienne des insectes perceurs de bois et d'écorce. L'élevage d'insectes suivant un régime alimentaire artificiel peut fournir une méthode efficace pour observer les stades immatures pendant leur développement sans échantillonnage destructif. La capacité d'observer le développement des larves est également un avantage important lorsqu'on maintient des colonies de laboratoire à des fins d'élevage en masse (**PAYNE et al., 1975**; **CANNON et ROBINSON, 1982**). De plus, l'objectif d'un programme d'élevage en masse est de produire le plus grand nombre possible d'insectes le plus rapidement et le moins cher possible sans nuire à leur qualité (**SHIMOJI et MIYATAKE, 2002**).

#### **4.6.3. Cause édaphique:**

Les conditions édaphiques qui caractérisent les zones steppiques dont les sols peu profonds et squelettiques ne permettent pas un bon développement du système racinaire des sujets du pin

d'Alep qui, sous l'effet des vents violents, se penchent jusqu'à déracinement. L'ampleur de ce phénomène se constate dans les zones où la dalle calcaire est superficielle malgré les travaux du sol qui ont été réalisés mais à des profondeurs insuffisantes. Une opération de routage (croisé et simple) réalisé dans le boisement de masse Draa El Aoud n'a pas favorisé le développement des arbres de *Pinus halepensis* où le peuplement de 44 ans est resté rabougri, dont **LETREUCH (1991)** considère que le routage s'il facilite la pénétration des eaux de pluie dans le sol lors des averses, il accentue l'évaporation superficielle causant ainsi une perte d'eau des maigres réserves hydriques du terrain, au détriment de la végétation. Et **BENSAID, (1995)** indique que le routage élève le taux de calcaire actif qui gêne la croissance des plants de *Pinus halepensis*. Par ailleurs, **MEBKHOUT (2001)** signale que le sol défoncé au rooter au niveau du boisement de masse Draa el Aoud n'a pas retrouvé son profil, d'où il opte pour son interdiction.

Nous constatons aussi, l'influence de surpâturage sur la station d'étude. Selon **BENABDELLI (1996)**, dans les forêts naturelles, le pâturage constitue un facteur de dégradation redoutable par son agressivité et les dégâts qu'il cause à la végétation et au sol. Dans les reboisements les effets sont plus graves, pour des raisons liées aux spécificités des peuplements artificiels qui diffèrent des formations naturelles.

Les espèces relativement de grande taille (5 à 8 mm) sont inféodées à la base de l'arbre tandis que celles de petite taille (2 à 3 mm) occupent les portions supérieures du fût et les plus petites sur le sommet et les branches à écorce fine (**SCHOWALTER, 2006**).

Deux ravageurs forestiers graves, la spongieuse asiatique et la brûlée les longicornes du pin (*Arhopalus ferus* (Mulsant)) sont régulièrement détectés sur des navires internationaux ayant visité des ports à risque élevé pendant la saison de vol de l'insecte (**WHATAM et al., 2014**). Les femelles asiatiques sont des flyers actives de juillet à septembre en Extrême-Orient russe, en Chine, en Corée et au Japon. Les femelles sont attirées par les feux sur les navires de transport et pondent des masses d'œufs sur les infrastructures (**WALSH, 1993**).

## Conclusion générale

Le dépérissement des peuplements forestiers est un processus complexe qui a été attribué à un large éventail de causes potentielles, le plus souvent impliquant des sécheresses antérieures qui initient une baisse de la croissance et une longue chaîne d'événements interactifs (**CAMARERO *et al.*, 2004 ; DAS *et al.*, 2007 ; GALIANO *et al.*, 2010**). Certaines infestations massives d'insectes forestiers tueurs d'arbres pourraient être attribuées à des facteurs climatiques (**RAFFA *et al.* 2008**). Le dépérissement forestier peut être lié à deux principaux processus : une réduction progressive de la croissance (radiale, en hauteur ou en volume) et une défoliation rapide, tous deux utilisés comme variables descriptives pour étudier l'impact des facteurs environnementaux sur la dégradation des forêts (**BRÉDA *et al.*, 2006 ; DROBYSHEV *et al.*, 2007; CARNICER *et al.*, 2011**). **LANDMANN *et al.* (1987)** Le dépérissement forestier est généralement apprécié par deux symptômes macroscopiques : la défoliation et le jaunissement du feuillage. Aiguilles qui roussissent puis tombent l'année suivante, cime dénudée, coloration anormale, déficit foliaire, branches mortes sont les signes du déclin de la forêt méditerranéenne (**GAZONNEAU, 2007**).

La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures élevées semblent être, d'après **BENTOUATI (2008)**, la principale raison de la mortalité des arbres. Il est admis que les changements climatiques, traduits par les sécheresses répétées, ont fortement affecté l'état sanitaire des peuplements forestiers (**SARRIS *et al.*, 2011 ; GIRARD *et al.*, 2012 ; SANCHEZ-SALGUERO *et al.*, 2012**). La sécheresse est souvent considérée comme le principal facteur responsable des pullulations d'insectes phytophages forestiers (**DESPREZ-LOUSTAU *et al.*, 2006 ; ROUAULT *et al.*, 2006**). Mais elle n'entraîne pas toujours une augmentation de leurs dégâts. En effet, la biologie de l'insecte, le type de substrat consommé et l'intensité du stress hydrique sont des facteurs clés qui expliquent la réponse différentielle des insectes phytophages forestiers à la fois à la modification d'état de leur hôte et au climat (**KORICHEVA *et al.*, 1998; JACTEL *et al.*, 2011**).

Le lithosol de la région contribue aussi à embarrasser l'accroissement des aux zones steppiques, dont les sols peu profonds et squelettiques ne permettent pas un bon développement du système racinaire des sujets du pin comme le cas de notre région d'étude. Ainsi que l'effet des vents violents participe aussi au décapage de l'horizon superficiel (A) jusqu'à le déracinement. Nous signalons ici les travaux du sol qui ont été réalisé en routage (croisé et simple) avant la mise en plantation de masse Draa El Aoud, malheureusement il n'a pas maintenu le développement de boisement après 44ans.

Autre, l'apparition des nouvelles espèces à travers le commerce mondial du bois provoque la propagation des ravageurs nuisibles comme le cas de notre découverte d'*Arhopalus fesus* à la forêt de Draa El Aoud à Mechreia. Cette dernière c'est l'un de deux ravageurs forestiers graves, qui sont régulièrement détectés sur des navires internationaux ayant visité des ports à risque élevé pendant la saison de vol de l'insecte (**WHATAM *et al.*, 2014**).

A cet égard, nous demandons aux autorités nationales d'établir des mesures phytosanitaires aux importations pour protéger notre patrimoine le plus vulnérable. Avec le développement de systèmes de transport modernes, nous constatons une augmentation rapide des mouvements de végétaux et de produits végétaux à travers le monde. Cette augmentation des échanges et des déplacements a eu de nombreux avantages, mais la propagation des invertébrés et des agents pathogènes dans les zones agricoles et naturelles jusque-là affectées ont également augmenté. Ce mouvement et l'établissement d'espèces exotiques envahissantes (EEE) ont eu un impact écologique et économique important sur la santé des plantes dans les zones touchées. Un système efficace de gestion de la biosécurité est essentiel pour soutenir et protéger les écosystèmes agricoles et naturels de l'entrée, de l'établissement et de la propagation des EEE (**LAWSON et SATHYAPALA, 2008**). Il existe une large gamme de traitements post-récolte. Les marchandises traitées destinées à l'exportation doivent être entreposées à part pour réduire au minimum les risques d'infestation post-traitement, et il peut être nécessaire de protéger les envois contre les insectes durant le transport dans les zones où transport dans les zones où *Arhopalus fesus* (longicorne du bois) sont attirés par la lumière, on s'efforcera de réduire l'intensité de l'éclairage dans les ports et à bord des navires durant les périodes à haut risque, et d'effectuer les opérations de chargement et de prendre des dispositions pour que les départs se fassent à des moments où les insectes sont peu actifs. Des inspections ou des traitements de la marchandise ou des moyens de transport peuvent aussi être nécessaires avant le départ (**FAO, 2011**).

## Références bibliographiques

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

16. BEDEL J., (1986). Aménagement et gestion des peuplements de *Pinus halepensis* dans la zone méditerranéenne française. Options méditerranéennes. Série d'étude CIHEAM 86/1. 127-156.
17. BEKER M., PICARD J.F et TIMBAL J., (1982). Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.
18. BENABDELI K., (1996). Aspects physionomico - structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts de Dhaya (Algérie septentrionale occidentale) - Thèse Doct. Etat en Biol. 2T. Univ. S.B.Abbès. 356 p.
19. BENABID A., (1994). Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech For Maroc.* t. XXVII. 61-76.
20. BENMEDDAH F., (2010). Les mutations spatiales d'un milieu forestier: cas de la forêt de Zarifet (Tlemcen). Mém. Ing. dép, fores. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 91p.
21. BENSALD S., (1995). Bilan critique du barrage vert en Algérie. *Rev. Sécheresse* n° 3, vol. 6, septembre 1995. 247-255.
22. BENSE U., (1995). *Longicorn beetles: illustrated key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe.* Weikersheim: Margraf.
23. BENTOUATI A. et BARITEAU M., (2006). Réflexion sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, t. XXVII (4). 317-322.
24. BENTOUATI A., (2006). Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela – Aurès). Thèse de doctorat. Inst. d'Agronomie. Univ. Batna .107 p.
25. BENTOUATI A., (2008). La situation du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne.* t. XXIX. (2) 203-208.
26. BENTOUATI A., OUDJEHIB B et ALATOU D., (2005). Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep dans le massif de Ouled Yakoub et des Beni Oudjana (Khenchela- Aurès). *Sci. Tech.* 23: 57-62.
27. BORGHETTI M., MAGNANI F., FABRIZIO A., SARACINO A., (2004). Facing drought in a Mediterranean post-fire community: tissue water relations in species with different life traits. *Acta Oecol.*, (25) 1-2 : 67-72.
28. BOUDY P. (1952). Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique, Paris.245-258.
29. BRADBURY., P.M., (1998). The effects of the burnt pine longhorn beetle and wood-staining fungi on fire damaged *Pinus radiata* in Canterbury. *New Zealand Forestry* 43.28-31.
30. BRÉDA N., HUC R., GRANIER A., DREYER E., (2006). Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63.625-644.



31. BROCHIÉRO F., (1997). Écologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. Mémoire de fin d'étude CEMAGRF AIX en Provence. ENREF. 73 p.
32. BROCHIÉRO F., CHANDIOUX O., RIPERT C., et VENNETIER M., (1999). Autécologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt Méd.* 20. 83-94.
33. BROCKERHOFF, E. G., and HOSKING, G. P. 2001. *Arhopalus tristis*(F.) [D *Arhopalus fesus*(Mulsant)] (Coleoptera: Cerambycidae), Burnt pine longhorn. Forest and Timber Insects in New Zealand No. 27. Forest Research, Rotorua, New Zealand. (in press).
34. BRONSTEIN, J.L., ALARCON, R., and GEBER M., (2006). The evolution of plant–insect mutualisms. In *New Phytologist* 172. p. 412-428.
35. BYERS J., (1992). Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. In *Journal of Chemical Ecology* 18. 2385-2402.
36. CAILLERET M., NOURTIER M., AMM A., DURAND-GILLMANN M., AND DAVI H., (2013). Drought-induced decline and mortality of silver fir differ among three sites in Southern France. In *Annals of Forest Science*. 1-15.
37. CAMARERO J.J., CORCUERA L., PEÑUELAS J., GIL-PELEGRÍN E., (2004). Cambio global y decaimiento del bosque. In: Valladares, F. (Ed.), *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 397-423.
38. CANNON K.F., ROBINSON W.H., (1982). An artificial diet for the laboratory rearing of the old house borer, *Hylotrupes bajulus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Canadian Entomologist*, 114.739-742.
39. CARNICER J., COLL M., NINYEROLA M., PONS X., SANCHEZ G., PEÑUELAS J., (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA* 108: 1474-1478.
40. CHAKROUN M.L., (1986). Le pin d'Alep en Tunisie. *Options Méditerranéennes*. Série Étude CIHEAM 86/1 : 25-27.
41. CHEMSAK J.A., LINSLEY E.G., (1965). New genera and species of North American Cerambycidae (Coleoptera). *The Pan-Pacific Entomologist* 41. 141- 153.
42. CLARKE A. and FRASER K.P.P., (2004). Why does metabolism scale with temperature?
43. *Functional Ecology* 18, 243–251.
44. DAGET P., (1977). Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio* 34.1-20.
45. DAGET PH., (1977). Le bioclimat méditerranéen, analyse des formes par le système d'Emberger. *Végétation*. 34(2).78-124.
46. DAHMAN M., (1986). les produits du pin d'Alep en Tunisie .option 86/1CIHEAM.
47. DALLMEIER F., (1992). (ed) Long-term Monitoring of biological Diversity in Tropical forest Areas: methods for Establishment and Inventory of permanent plots.

- M.A.B. Digest 11. United Nations Educational, Scie. and Cultural Organization (UNESCO). Paris, France. 72p.
48. DAS A.J.B., JOHN J., STEPHENSON., NATHAN L., VAN MANTGEM., PHILLIP J., (2007). The relationship between tree growth patterns and likelihood of mortality: a study of two tree species in the Sierra Nevada. *Can. J. For. Res.* 37. 580-597.
49. De MARTONNE E., (1923). *Traité de géographie physique I, notions générales, hydrographie.* Ed. A. Colin. Paris. 496p.
50. DEBRACH J., (1953). Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc Méridiona.* 32. 1122–1134.
51. DÉMOLIN G., (1967). Grégarisme et subsocialité chez *Thaumetopoea.pityocampa* Schiff. Nid d'hiver - activité detissage. C. R. Ve congrès de l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux. 69 p.
52. DENTAND F., (2008). Dépérissement forestier des Alpes maritimes. Actions déjà entreprises par les communes forestières et l'Office National des Forêts. *Forêt méditerranéenne.* t. XXIX. (2). 195-200.
53. DJEBAILI S., ACHOUR A., DJELLOULI Y. et KADIK L., (1982). Carte phytoécologique de l'Algérie : Mécheria. Carte publiée par le Centre de recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres (CRBT). Alger, Algérie.
54. DJEBAILI S., (1984). *Steppe Algérienne phytosociologie et écologie,* Alger. office des publications universitaires. 178 p.
55. DOBBERTIN M., (2005). Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress. a review. *Eur. J. For. Res.* 124319-333.
56. DOBBERTIN M., BRANG P., (2001). Crown defoliation improves tree mortality models. *For. Ecol. Manag.* 141. 271-284.
57. DOMINIK J., (1968). Results of observations on the role of some physical environmental factors in the limitation of the abundance of insects developing in wood. (In Polish.), *Sylvan.* 112. 19-23.
58. DROBYSHEV I., LINDERSON H., SONESSON K., (2007). Relationship between crown condition and tree diameter growth in southern Swedish oaks. *Environ. Monit. Assess.* 128. 61-73.
59. DUCHENE., (2003). marie. *Guide des arbres et arbustes.* France : sélection du Reader's digest. 319p.
60. DUFFY EAJ., (1968). *A monograph of the immature stages of Oriental timber beetles (Cerambycidae).* London:The British Museum (Natural History).
61. DURAND-GILLMANN M., (2014). *Interactions plantes-insectes dans deux écosystèmes forestiers méditerranéens contrastés le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae) en région méditerranéenne.* Thèse Doctorale en sciences de l'environnement. Aix -Marseille université, France. 176p
62. DURAND-GILLMANN, M., CAILLERET, M., BOIVIN, T., NAGELEISEN, L.-M., AND DAVI, H., (2012). Individual vulnerability factors of Silver fir (*Abies alba* Mill.) to parasitism by two contrasting biotic agents: mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *abietis*)

- and bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) during a decline process. In *Annals of Forest Science*. 1-15.
63. EICHHORN J., ROSKAMS P., FERRETTI M., MUES V., SZEPESSI A., DURRANT D., (2010). Manual on the methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, part IV: visual assessment of crown condition and damaging agents. UNECE. *ICP Forests, Hamburg*. 59 P.
64. EL KHORCHANI A., GADBIN-HENRY C., BOUZID S., KHALDI A., (2007). The impact of drought on the growth of three forest species in Tunisia (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* Sol.), *Sécheresse*. (18) 2. 113-121.
65. EMBERGER L., (1930). La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 42. pp 705-721p.
66. EMBERGER L., (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier* . (7) .pp : 1-47.
67. FABRE J.P., MOUNA M., DU MERLE P et BENHALIMA S., (1999). Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'atlas en Afrique du nord, en France et en Europe, *forêt ml/literlBRéeRRe t. XX, N 4.* 203-218.
68. FAO., (2011). Guide pour la mise en œuvre des normes phytosanitaires dans le secteur forestier. Bonnes pratiques pour la protection sanitaire des forêts Études FAO: forêts (FAO ed.), Rome. 116p.
69. FAO., (2017). TP 23: Traitement par fumigation au fluorure de sulfuryle contre les nématodes et insectes présents dans le bois écorcé. Traitements phytosanitaires contre les organismes nuisibles réglementés NIMP 28 (normes internationales pour les mesures phytosanitaires 28). annexe 23.8p.
70. FARJON A.K., (1996). Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico : Speciation and palaeoendemism. *Bot. J. Linn. Soc, London* .121(4). 365-384.
71. FAURIE C., FARRA C. et MEDORI P., (1980). *Écologie. Éd. Baillière J.-B.* Paris, 168 p.
72. FISCHER C. and HÖLL W., (1992). Food reserves of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In *Trees* 6. 147-155.
73. FORKNER R.E., MARQUIS R.J., and LILL J.T.,(2004). Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. In *Ecological Entomology* 29. 174-187.
74. GALIANO L., MARTÍNEZ-VILALTA J., LLORET F., (2010). Drought-induced multifactor decline of scots pine in the pyrenees and potential vegetation change by the expansion of co-occurring oak species. *Ecosystems* 13. 978-991.
75. GARREC J.P., KERFOURN C. et LAITA E., 1989. Étude des surfaces foliaires des arbres dépérissants. *Ann. Sci. For.* 46.547-552.
76. GARRIGUE J., MAGDALOU J. A. et HURSON C., (2008). Les effets de la canicule et de la sécheresse sur la forêt de la Massane (Pyrénées Orientales). *Forêt Méditerranéenne*. t. XIX, (2). 183-188.

77. GAZONNEAU A., (2007). Pour la forêt méditerranéenne, le changement climatique est déjà à l'oeuvre.<http://actscience.blogspot.com/2007/11/pour-la-foret-mediterranenne-le.html>.
78. GERNANDT D.S., LOPEZ G.G., GARCIA S.O., LISTON A., (2005). Phylogeny and classification of *Pinus*. *Taxon*. 54. 29-42.
79. GHERABI B., (2013). contribution a l'étude de la reprise végétative du chêne liège après incendie cas de la foret de zariffet (wilaya de Tlemcen), mémoire, ingénieur d'état en foresterie, univ. Tlemcen. 62p.
80. GIRARD F., VENNETIER M., GUIBAL F., CORONA C., OUARMIM S., HERRERO A., (2012). *Pinus halepensis* Mill. crown development and fruiting declined with repeated drought in Mediterranean France. *Eur. J. For. Res.* 131. 919-931.
81. GRAF M., REID M., AUKEMA B., AND LINDGREN B. (2012). Association of tree diameter with body size and lipid content of mountain pine beetles. In *Canadian Entomologist* 144. 467 p.
82. GRAF P. et MZIBRI M., (1994). Les ravageurs sous-corticaux et xylophages : les Scolytes des Pins in : EL HASSANI A., GRAF P., HAMDAOUI M., HARRACHI K., M ESSAOUDI J., HAACK R.A., 2004. *Orthotomicus erosus*: a new Pine-infesting bark beetle in the United States. *Newsletter of the Michigan Entomological Society*. 49 (3/4). 3-15
83. GUIT B., 2015 croissance et état sanitaire des peuplements de pin d'alep (*pinus halepensis* mill.) dans le massif forestier de senalba (région de Djelfa). Thèse Doctorale en sciences Agronomiques, école nationale supérieure d'agronomie El Harrach, Alger.107p.
84. HAACK R.A., (2006). Exotic bark and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions. In *Canadian Journal of Forest Research*. 36. p : 269-288.
85. HANKS L.M., (1999). Influence of the larval host plant on reproductive strategies of Cerambycid beetles. *Annual Review of Entomology*. 44. 483-505.
86. HEINRICH B. (1993). *The hot-blooded insects*, Harvard University Press, Cambridge MA.
87. HOSKING G.P., BAIN J., (1977). *Arhopalus fesus* (Coleoptera: Cerambycidae): its biology in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 7.3-15.
88. HUA L.Z., (1982.). *A checklist of the longicorn beetles of China (Coleoptera: Cerambycidae)*. Guangzhou: Zhongshan University Press.
89. HUCHON H., DEMOLIN G., (1970). La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev. For. Fr.* [en-ligne] XXII, n°spécial « La lutte biologique en forêt ». 220-234. [<http://documents.irevues.inist.fr>].
90. INCLA N.R., GIMENO B.S., DIZENGREMEL P et SANCHEZ M., (2005). Compensation processes of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) to ozone exposure and drought stress. *Environmental Pollution*. 137. 517-524.

91. JACTEL H., PETIT J., DESPREZ-LOUSTAU M.L., DELZON S., PIOU D., BATTISTI A., and KORICHEVA J.,(2011). Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. In *Global Change Biology*.
92. JUMP A.S., HUNT J.M., PEÑUELAS J., (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica* . *Glob. Change Biol.* 12. 2163-2174.
93. KADIK B., (1983). Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doctorat. Etat, Aix-Marseille III, 313 p.
94. KADIK B., (1986). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Écologie. dendrométrie et morphologie. *Ed. O.P.U. Alger*, Algérie. 581 p.
95. KADIK B., (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. *Office des publications universitaires* (Alger). 585p.
96. KADIK-ACHOUBI L., (2005). Étude phytosociologique et phytoécologique des formations à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien. Thèse de Doctorat. USTHB, Alger. 341p.
97. KHERCHOUCHE D., BENTOUATI A. et KAABÈCHE M., (2011). Croissance et écologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif de Beni-Imloul (Aurès, Algérie). *Sécheresse* 22. 43-48.
98. KORICHEVA, J., LARSSON, S., AND HAUKIOJA, E., (1998). Insect performance on experimentally stressed woody plants: a meta-analysis. In *Annual review of entomology* 43. 195-216.
99. LACOSTE A. et SALANON R., (2001). Eléments de biogéographie et d'écologie. 2<sup>ème</sup> édition. *Ed. Nathan / HER*, Paris. 318 p.
100. LAWSON S. A., et SATHYAPALA S. (2008). The Risk of Pine Wilt Disease to Australia and New Zealand. In M. M. Mota & P. Vieira (Eds.), *Pine Wilt Disease: A Worldwide Threat to Forest Ecosystems* .41-58. Dordrecht: Springer Netherlands.
101. LE HOUÉROU H.N., (1990). Global change: vegetation, ecosystems and land use in the southern Mediterranean basin by the mid-twenty -first century, *Israel Journal of Botany* 39. 4 8 1-508.
102. LE MEIGNEN P. et MICAS L., (2008). Bilan des dépérissements forestiers dans les Alpes-de Haute-Provence. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 177-182.
103. LEBOURGEOIS F. et BECKER M., (1996). Dendroécologie du pin laricio de Corse dans l'ouest de la France. Évolution du potentiel de croissance au cours des dernières décennies. *Ann. Sci. For.* 53.931-946.
104. LEE J.C., FLINT M.L. et.SEYBOLD S.J.,(2008) Suitability of Pines and other Conifers as hosts for the invasive Mediterranean Pine Engraver (Coleoptera: Scolytidae) inNorth American. *J. Econ. Entomol.* 101(3). 829-837.
105. LEFEVRE F., BOIVIN T., BONTEMPS A., COURBET F., DAVI H., DURAND-GILLMANN M., FADY B., GAUZERE J., GIDOIN C., KARAM M.J., LALAGÜE H., ODDOU-MURATORIO S., AND PICHOT C. (2013). Considering evolutionary processes in adaptive forestry. In *Annals of Forest Science*. P : 1-17.
106. LETREUCH-BELAROUCI N., (1991) Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. 2 Tomes. Ed. OPU, Alger. 641 p.

107. LIEUTIER F., VOULAND G., KHOUS M.G. (1992). *Rapport de mission sur les dépérissements, forestiers en Algérie et le rôle des insectes xylophages*. Projet de coopération INRA, France. INRF Algérie.
108. LINARES J.C., CAMARERO J.J., CARREIRA J.A., (2009). Interacting effects of changes in climate and forest cover on mortality and growth of the southernmost European fir forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 18. 485-497.
109. LINSLEY E.G., (1959). Ecology of Cerambycidae. *Annual Review of Entomology.* 4. 99-138.
110. LINSLEY E.G., (1962). *The Cerambycidae of North America, II. Taxonomy and classification of the Parandrinae, Prioninae, Spondylinae, and Aseminae*. Berkeley: University of California Press.
111. LÓPEZ G.G., KAMIYA K., HARADA K., (2002). Phylogenetic relationships of Diploxylon pines (Subgenus Pinus) based on plastid sequence data. *International Journal of Plant Sciences.* 163. 737-747.
112. LORIO, P.L., and SOMMERS, R.A., (1986). Evidence of competition for photosynthates between growth processes and oleoresin synthesis in *Pinus taeda* L.. In *Tree physiology* 2. 301-306.
113. MAESTRE F., CORTINA J., BAUTISTA S., BELLOT J., (2003). Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *Forest Ecology and Management.* 176. 147-160.
114. MANION, P.D., and OTHERS., (1981). *Tree disease concepts*. Prentice-Hall. Inc.
115. MARIE-LAURE DESPREZ-LOUSTAU, BENOIT MARÇAIS, LOUIS-MICHEL NAGELEISEN, DOMINIQUE PIOUS, AND ANDREA VANNINI ,(2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. In *Ann. For. Sci.* 63. 597-612.
116. MARTIN J.C., (2007). « la chenille processionnaire du pin ». futura .sciences.[en ligne].[http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologie/chenille processionnaire- pin-700/](http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologie/chenille%20processionnaire-%20pin-700/).
117. MATTON, W.J., AND HAACK, R.A.,(1987). The Role of Drought In Outbreaks of Plant-eating Insects. In *Bioscience* 37. 110-118.
118. MCDOWELL N.G., FISHER R.A., XU C., DOMECH J.C., HÖLTTÄ T., MACKAY D.S., SPERRY J.S., BOUTZ A., DICKMAN L., GEHRES N., LIMOUSIN J.M., MACALADY A., MARTINEZ-VILALTA J., MENCUCCINI M., PLAUT J.A., OGEE J., PANGLE R.E., RASSE D.P., RYAN M.G., SEVANTO S., WARING R.H., WILLIAMS A.P., YEPEZ E.A., AND POCKMAN W.T. (2013). Evaluating theories of drought-induced vegetation mortality using a multimodel–experiment framework. In *New Phytologist* .200. p: 304-321.
119. MEBKHOUT M., (2001). Rapport d'évaluation sur le barrage vert. Document de l'association écologique APAE, Naama. 13 p.
120. MEZALI M., (2003). Rapport sur le secteur forestier en Algérie. *3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts*. 9 p.
121. MUELLER E. and STIERLIN H.R., (1990). Sanasilva Tree Crown Photos with Percentages of Foliage Loss. Birmensdorf, Switzerland.
122. MUSSET R., (1935). Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV. 15 mai. 311-313.

123. NAHAL I., (1962). Le Pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*. 19. (4). 533- 627.
124. NEDJRAOUI D et BEDRANI S., (2008). « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. V.8 N1. URL : <http://vertigo.revues.org/5375>.
125. NETHERER S., and SCHOPF A., (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. In *Forest Ecology and Management* 259. 831-838.
126. OGAYA R., PEÑUELAS J., MARTÍNEZ-VILALTA J., MANGIRÓN M., (2003). Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *For. Ecol. Manag.* (180) 1-3. 175-184.
127. PARDÉ J., (1957). La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*. T. XV, Fasc. 2. 365-414.
128. PAYNE J.A., LOWMAN H. and R.R PATE., (1975). Artificial diets for rearing the tilehorned Prionus. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 68:680-682.
129. PRICE R.A., LISTON A., STRAUSS S.H., (1998). Phylogeny and systematic of *Pinus*. In Richardson D.M. (Ed.) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge (UK). 49-68.
130. QUÉZEL P et BARBÉRO M., (1992). Le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne* XIII (3) . 158-170.
131. QUEZEL P, (1986). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans :Actualités d'Ecologie Forestière (Ed. : Pesson), Ed. Gauthier Villars, Paris, pp. 205-256.
132. QUEZEL P., (1986). Les Pins du groupe «*halepensis*»: Écologie, Végétation, Écophysologie.*Options Méditerranéennes*. Série Étude CIHEAM 86/1 . 11-24.
133. QUÉZEL P., (2000). Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia* ). In Neeman G. and Trabaud L. (Eds.). *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P brutia forest ecosystems in the Mediterranean basin*. Backhuys Publishers, Leiden. 1-12.
134. QUEZEL P., BARBERO M et BENABID A., (1987). Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du haut Atlas oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea*. Tome XIII. Fasc. 1-2. 107-113
135. RAFFA K.F., AUKEMA B.H., BENTZ B.J., CARROLL A.L., HICKE J.A., TURNER M.G., and ROMME W.H., (2008). Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. In *Bioscience* 58. 501-517.
136. RAMADE F., (1984). Éléments d'écologie,Écologie fondamentale. Éd. McGraw-Hill. Paris, 397 p.
137. RAMADE F., (2003). Élément d'écologie, écologie fondamentale .3ème édition .Paris. 690p.
138. RATHGEBER C., MISSON L., NICAULT A., GUIOT J., (2005). Bioclimatic model of tree radial growth: application to French Mediterranean Aleppo pine forests. *Trees*. 19.162- 176.

139. RATHGEBER C., NICAULT A., GUIOT J., KELLER T., GUIBAL F., ROCHE P., (2000). Simulated responses of *Pinus halepensis* forest productivity to climatic change and CO<sub>2</sub> increase using a statistical model. *Glob Planet Change*. (26) 4. 405-421.
140. RIGOLOTT E., (2008). Impact du changement climatique sur les feux de forêt. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 167-176
141. RIPERT C. et VENNETIER M., (2001). Croissance et écologie du pin d'Alep en France. CEMAGREF. Division agriculture. Groupement d'Aix en Provence. Le Tholonet-BP 31. 38 p.
142. RONDEUX., (1993). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Les Presses Agronomiques de Gembloux. 521p.
143. ROUAULT G., CANDAU J.N., LIEUTIER F., NAGELEISEN L.M., MARTIN J.C., and WARZEE N., (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the (2003). drought in Western Europe. In *Annals of Forest Science*. 63. p: 613-624.
144. SANCHEZ-SALGUERO R., NAVARRO-CERRILLO R.M., CAMARERO J.J., FERNANDEZ-CANCIO A., (2012). selective drought-induced decline of pine species in southeastern Spain. *Clim. Change* 113. 767-785.
145. SARDANS J., PEÑUELAS J., (2007). Drought changes the dynamics of trace element accumulation in a Mediterranean *Quercus ilex* forest. *Environ. Pollut.* (147) 3. 567-583.
146. SARRIS D., CHRISTODOULAKIS D., KORNER C., (2011). Impact of recent climatic change on growth of low elevation eastern Mediterranean forest trees. *Clim. Change*, 106. 203-223.
147. SAUVARD D., LIEUTIER F., LEVIEUX J., (1987). Répartition spatiale et dispersion de *Tomicus piniperda* L.(Coleoptera Scolytidae) en forêt d'Orléans, *Ann. Sci.For.*1987.44(4).417-434
148. SCARASCIA-MUGNOZZA G., (1986). Recherches sur l'écophysiologie de *Pinus halepensis* Mill. (Research on the ecophysiology of *Pinus halepensis* Mill.). *Options Méditerranéennes*, 1. 89-97.
149. SCHEINER P., (2003). Les chenilles processionnaires chez le chien. Thèse Méd. Vét., Lyon. N°136. 122p.
150. SCHOWALTER T.D., (2006). Insect ecology: an ecosystem approach. San Diego. Academic Press. 572p.
151. SEIGUE A., (1985). La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. *Ed. Maison neuve et Larose*, Paris. 502 p.
152. SELTZER P .,(1946). Le climat de l'Algérie .Inst. de météo et de physique du globe. Université d'Alger. 219 p.
153. SGHAIER T., AMMARI Y., GARCHE S. et KHALDI A., (2001). Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep. *Annales de l'INGREF* N° special. 45.
154. SHIMOJI Y., MIYATAKE T., (2002). Adaptation to artificial rearing during successive generations in the West Indian sweetpotato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann Entomol Soc Am* 95(6):735–739
155. SOLTANI A., (2016). Typologie et Fertilité des stations de pin d'Alep de la forêt de Benjloud (Saida). Mémoire, master en foresterie. univ. Tlemcen. 141 p.



156. SOULERES G., (1969). Le pin d'Alep en Tunisie : Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest.Tunisie. Vol 2. Fasc.1. 126 p.
157. SUCKLING D.M., GIBB A.R., DALY., CHEN X. and BROCKERHOFF E.G. (2001)., behavioral and electrophysiological responses of *arhopalus tristis* to burnt pine and other stimuli. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 27, No. 6, 2001,14 .1091-1104
158. VARELA M.C., (2008). Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX. (2). 209-212.
159. VENET J., (1986). Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
160. VENNETIER M. et RIPERT C., (2010). Climate change impact on vegetation: lessons from an exceptionally hot and dry decade in South-eastern France. In: Climate Change and variability, Rijeka, Croatia. *Sciyo*.225-241.
161. VENNETIER M., RIPERT C., BROCHIERO F., RATHGEBER C., CHANDRIOUX O. et ESTEVE R., (2010). Évaluation de la croissance du pin d'Alep en région méditerranéenne française. *Rev. Forestière Française* 5. 11-17.
162. VILA B., VENNETIER M., RIPERT C., CHANDRIOUX O., LIANG E., GUIBAL F. et TORRE F., (2008). Has global change induced opposite trends in radial growth of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis* at their bioclimatic limit? The example of the Sainte-Baume forest (south-east France). *Ann. For. Sci.* (65). 709-724.
163. VISSER, J., (1988). Host-plant finding by insects: orientation, sensory input and search patterns. In *Journal of Insect Physiology* 34. 259-268.
164. WALSH P J., (1993). Asian gypsy moth: the risk to New Zealand. N Z Forestry, August, pp 41–43 WTO (1994) Agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures. In: Agreement establishing the world trade organization: annex 1A – multilateral agreements on trade in goods, pp 69–83. [http://www.wto.org/english/docs\\_e/legal\\_e/15-sps.pdf](http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/15-sps.pdf). Accessed 21 May 2010.
165. WHATTAM M., CLOVER G., FIRKO M., KALARIS T. (2014). The Biosecurity Continuum and Trade: Border Operations. In G. Gordh & S. McKirdy (Eds.), *The Handbook of Plant Biosecurity: Principles and Practices for the Identification, Containment and Control of Organisms that Threaten Agriculture and the Environment Globally*. 149-188. Dordrecht. Springer Netherlands.
166. YARNES C.T., AND BOECKLEN W.J., (2005). Abiotic factors promote plant heterogeneity and influence herbivore performance and mortality in Gambel's oak (*Quercus gambelii*). In *Entomologia experimentalis et applicata* 114. 87-95
167. ZAVALA M., ZEA E., (2004). Mechanisms maintaining biodiversity in Mediterranean pine-oak forests: insights from a spatial simulation model. *Plant Ecol.* 171: 197-207.
168. ZENZEN W., (2016). Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt de Ouennougha dans la Wilaya de Bordj BouArréridj, mémoire, master en foresterie . univ. Tlemcen 60p.
169. ZINE EL ABIDINE A., (2003). Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. *Sécheresse*. 14 (4). 209-218.
170. ZOHARY M., (1962). Plant life of Palestine and Jordan, New-York. Ronald Press.
- ZOHARY M., (1973). Geobotanical Foundations of the Middle East. Geobotanica.

# Annexes

**Annexe 1.** Base de données d'inventaire dendrométrique et de (Nbr. de Trous/100cm<sup>2</sup>)

N°	x	y	Trous/100cm <sup>2</sup>	H(m)	Circon. (m)	D (m)
a1	-0,22560855	33,59965635	12	7	0,64	0,20
a2	-0,22570016	33,59948711	18	8	0,64	0,20
a3	-0,22593094	33,59968161	6	9,5	0,76	0,24
a4	-0,22605514	33,59950409	5	10	0,77	0,25
b1	-0,22366896	33,60201991	9	7	0,61	0,19
b2	-0,22333846	33,60224689	11	5	0,6	0,19
b3	-0,22363760	33,60232573	19	4	0,44	0,14
b4	-0,22317271	33,60271196	48	3,5	0,35	0,11
c1	-0,21950899	33,60709221	12	3,5	0,35	0,11
c2	-0,22062215	33,60631488	35	3,5	0,52	0,17
c3	-0,22087881	33,60637474	45	4,5	0,63	0,20
c4	-0,22092159	33,60638472	61	3,5	0,55	0,18
d1	-0,21986585	33,60939916	23	3,75	0,4	0,13
d2	-0,21755770	33,60947344	39	5	0,3	0,10
d3	-0,21819734	33,60968617	29	2,75	0,34	0,11
d4	-0,21820005	33,61027223	53	4,5	0,46	0,15
e1	-0,21435458	33,61325084	25	4,5	0,5	0,16
e2	-0,21445293	33,61320798	34	2,5	0,36	0,11
e3	-0,21436567	33,61357564	51	5,75	0,5	0,16
e4	-0,21424607	33,61360901	55	2,5	0,32	0,10
f1	-0,22489889	33,59961337	16	5,5	0,5	0,16
f2	-0,22457925	33,60017417	25	5	0,35	0,11
f3	-0,22442536	33,60026988	11	4	0,4	0,13
f4	-0,22351714	33,60104284	23	6	0,6	0,19
g1	-0,22266036	33,60155550	19	4	0,36	0,11
g2	-0,22215609	33,60149008	9	5,5	0,46	0,15
g3	-0,22236527	33,60135053	10	5	0,39	0,12
g4	-0,22227394	33,60151076	5	4,5	0,38	0,12
h1	-0,21976715	33,60576375	45	4,5	0,4	0,13
h2	-0,21947472	33,60581126	7	4	0,35	0,11
h3	-0,21943108	33,60582831	11	3,5	0,32	0,10
h4	-0,21937962	33,60608860	38	4	0,35	0,11
i1	-0,21240577	33,61387404	26	3	0,36	0,11
i2	-0,21289035	33,61455210	26	3,5	0,37	0,12
j1	-0,22175218	33,59561200	29	3,25	0,35	0,11
j2	-0,22169019	33,59552947	29	3,05	0,34	0,11
j3	-0,22166693	33,59558304	31	5	0,38	0,12
j4	-0,22132071	33,59562935	11	4	0,41	0,13
k1	-0,21515443	33,60279304	51	5,75	0,38	0,12
k2	-0,21512561	33,60268421	5	6	0,52	0,17

k3	-0,21513725	33,60265742	16	5,5	0,53	0,17
k4	-0,21500020	33,60256418	16	6,5	0,55	0,18
l1	-0,21397743	33,60254114	37	5	0,5	0,16
l2	-0,21341591	33,60264929	38	6	0,5	0,16
l3	-0,21407113	33,60264242	42	6	0,55	0,18
l4	-0,21394455	33,60255843	41	6,75	0,42	0,13
m1	-0,20840067	33,60776142	22	5	0,4	0,13
m2	-0,20816702	33,60799054	30	4	0,36	0,11
m3	-0,20853773	33,60785466	51	5	0,43	0,14
m4	-0,20859679	33,60769372	27	5,75	0,45	0,14
n1	-0,20702883	33,61387887	38	4	0,35	0,11
n2	-0,20743593	33,61328404	13	3,25	0,35	0,11
o1	-0,21314966	33,59478731	44	5,5	0,56	0,18
o2	-0,21315111	33,59474227	29	2,75	0,36	0,11
o3	-0,21403546	33,59370740	28	4,5	0,62	0,20
o4	-0,21441015	33,59344539	31	3,5	0,43	0,14
p	-0,21554578	33,59833024	7	2,5	0,35	0,11
q1	-0,21166578	33,59403263	34	4	0,45	0,14
q2	-0,21196107	33,59389504	58	6	0,49	0,16
q3	-0,21204777	33,59387897	36	6,5	0,64	0,20
q4	-0,21182287	33,59383784	5	5	0,4	0,13
r1	-0,21142257	33,59422548	21	3,75	0,47	0,15
r2	-0,21150260	33,59441661	15	4	0,49	0,16
r3	-0,21122855	33,59456369	44	3,75	0,48	0,15
r4	-0,21059598	33,59380115	15	6,5	0,49	0,16

## Annexe 2. Dégâts de dépérissement

Nombre d'arbres morts	placettes	Nombre d'arbres morts	placettes
76	j	687	a
87	k	49	b
92	l	30	c
53	m	40	d
56	n	35	e
32	o	279	f
11	p	114	g
119	q	98	h
230	r	30	i

## المساهمة في دراسة ضمور الصنوبر الحلبي (الأعراض، الأسباب و العلاج) في غابة ذراع العود بالمشربية (ولاية النعامة).

### الملخص

يكرس هذا البحث لدراسة ضمور اشجار الصنوبر الحلبي في غابة ذراع العود الواقعة في الجزء الشمالي للمشربية. وقد أجريت الدراسة في 18 قطعة غابوية، بحيث اعتمدنا على تحليل قطع 100 سم<sup>2</sup> من لحاء بعض العينات من الشجر الذي تغزوه الحشرات في كل قطعة و قد تم أيضا اخذ مجموعة من قياسات حراجية للأشجار المصابة بالضمور (قطر الشجر عند 1.30م و الطول الإجمالي) وذلك لمعرفة أسباب الضمور وتحديد أعراضه ومحاولة إيجاد العلاج للمحافظة على الجزء المتبقي من الغابة المغروسة. ومن خلال تحليل النتائج وجدنا أن استمرار فترات الجفاف هو أهم العوامل المسببة للضمور والذي يتسبب في غزو الحشرات الضارة لأشجار الصنوبر الحلبي.

**الكلمات المفتاحية:** الصنوبر الحلبي, الضمور, قياسات حراجية, حشرات, المشربية, الجزائر.

### Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mecheria (Wilaya de Naâma).

#### Résumé :

Cette étude est consacrée à l'étude de dépérissement du pin d'Alep de la forêt de Draa El Aoud, qui est située au nord de Mecheria (wilaya de Naâma), cette étude a été conduite sur 18 placettes menacées par le dépérissement où nous avons échantillonné le bois infecté par les scolytes, et nous avons pris une quelques mesures dendrométriques (Hauteur et diamètre) afin de déterminer les causes, les symptômes de dépérissement et pour préserver la partie restante de cette forêt dégradée. L'analyse des résultats montre l'influence principale du prolongement de sécheresse qui menace le boisement, et qui participe aux attaques des ravageurs nuisibles.

**Mots-clés :** *Pinus halepensis*, Dépérissement, dendrométrie, scolytes, Mecheria, Algérie.

### Contribution to the study of Aleppo pine dieback (symptoms, causes and treatment) in the forest of Draa Al Aoud in mecheria (Wilaya of Naâma).

#### Abstract:

This study is devoted to the study of the Aleppo pine of the Draa El Aoud forest, located in the north of Mecheria (Naâma), this study was conducted on 18 plots at risk of decay where we sampled beetle-infected wood, and took a dendrometric measurements (Height and Diameter) to determine the causes, symptoms of decay and to preserve the remaining part of this degraded forest. The Analysis of the results shows the main influence of continuation drought which threatens afforestation, and which participates in pest attacks.

**Keywords:** *Pinus halepensis*, Withering, Bendrometry, Beetles, Mecheria, Algeria.