

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en  
Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie appliquée

Thème:

**Incidence quantitative des acides aminés des aiguilles du  
Pin d'Alep, *Pinus halpensis* Mill. sur les infestations de  
*Leucaspis pini* Hartig dans la station de Béni Ali**

Présenté par

TAMINDJOUTE Hayet

Devant le Jury :

Mme. BABA AISSA K.	M.A.A	U.S.D.B	Présidente
Mr. AROUN M.E.F.	M.C.B	U.S.D.B	Promoteur
Mr. DJAZOULI Z.E.	PR	U.S.D.B	Co-promoteur
Mme. NEBIH D.	M.C.B	U.S.D.B	Examinatrice

Année Universitaire : 2016/2017

# *Remerciements*

*Je tiens à remercier avant tout dieu الله le tout puissant de m'avoir accordé la force, la patience, la santé et le courage pour accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens à témoigner toute ma gratitude et tout mon respect à mon promoteur Monsieur **AROUN M.E.F.** pour son aide, sa dynamique, ces conseils précieux et sa disponibilité. Mes sincères remerciements.*

*Je tiens à remercier aussi monsieur **DJAZOULI Z.E.** de bien vouloir de guider mon travail.*

*Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury Mme **Nebih .d** l'examinatrice, Mme **BABA AISSA K.** la présidente qui ont accepté de consacrer de leur temps précieux pour juger ce travail*

*J'adresse également mes sincères remerciements à tout qui m'ont aidé pour réaliser ce travail, Mme **takarli** et a la technicienne de labo de zoologie, Mme **DJEMAI Y.***

*Et enfin je remercie de tout mon cœur tous mes amis et mes proches qui m'ont aidé pendant les périodes difficiles.*



Dédicace :

Je dédie ce travail à ma cher famille à ma mère, la lumière de ma vie à l'âme de mon père a Mes frères et ma sœur a mes belles sœurs ma meilleur amie et sœur Manel Bouhadja a ma binôme Imen ma copine chérie et kika ,míkha Nesrine, moufida, dhoha ,mezora,hamida,a mes petit neveux surtout kikou et petite nièces a ma famille de ppa surtout yesmine,khouloud,lamis, nadia,fatima,fatíha,sarah,latif,samia,íslem,hamid, asma,nabila,mimi,sabrina,les 2 sousou,chaher,et tout mes amies .

A tous mes profs sans exception, à toute personne chère à coté de mon cœur, à toutes mes cousines et ma grande famille.



# **Incidence quantitative des acides aminés des aiguilles du Pin d'Alep, *Pinus halepensis* sur les infestations de *Leucaspis pini* dans la station de Beni Ali .**

## **Résumé**

Le pin d'Alep, *Pinus halepensis* est une espèce d'arbres parmi 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, toute fois il est soumis aux attaques de nombreuses ravageurs, dont la cochenille Diaspine, *Leucaspis pini* qui peut lui occasionner des infestations sporadiques dévastatrices. Mais, comme l'éco-biologie de cette cochenille est peu étudiée en Europe et reste méconnue en Algérie. Nous avons mené ce travail afin de mettre en évidence l'influence des facteurs climatiques et leurs interactions avec les facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles du pin d'Alep et leurs effets combinés sur les infestations de la cochenille *Leucaspis pini* à Béni Ali. Il ressort de cette étude que cette cochenille présente deux périodes d'infestations; une automno-hivernale prédominée par les larves de stade 1 et l'autre printanière durant laquelle prédominent les larves de stade 2, apparaissent les pré-nymphes, les nymphes et se conservent les femelles. L'effet des interactions des facteurs physico-chimiques et climatiques montre que les infestations sur l'exposition Nord est surtout provoquée par les températures minimales dont l'effet est plus marqué sur la production des acides aminés que celle de la proline.

**Mots clés:** Béni Ali, facteurs climatiques et physiologiques, infestation, *Leucaspis pini*, *Pinus halepensis*,

**Quantitative incidence of amino acids of Alep pine needles *Pinus halepensis* on *Leucaspis pini* infestations in Beni Ali station.**

## **Abstract**

The Aleppo pine, *Pinus halepensis* is a species of trees among the most commonly planted because of their rapid growth, Their resistance to conditions the more xeric sites, Of their abilities to reconstitute the degraded areas and occupy the land naked, But who is subject to the attacks of many pests, including the cochineal Diaspine, *Leucaspis pini* which can cause him of infestations devastating sporadic. But, as the Eco-biology of this Cochineal is little studied in Europe and remains unrecognized in Algeria. We conducted this work in order to highlight the influence of climatic factors and their interactions with the physical-chemical factors (water content, amino acids, proline) of the needles of the pine of Aleppo and their combined effects on the infestations of the cochineal *Leucaspis pini* in Béni Ali. It is clear from this study that this cochineal shows two periods of infestation; a automno-prédominée winter by the larvae of stage 1 and the other in the spring during which predominate the larvae of stage 2, appear prepupae, nymphs and retain females. The effect of interactions in the physicochemical factors and climate change shows that the infestations on the northern exposure is mainly caused by the minimum temperatures in which the effect is more marked on the production of amino acids than that of the proline.

**Key words:** Béni Ali, climatic factors and physiological, infestation, *Leucaspis pini*, *Pinus halpensis*

## تأثير كمي من الأحماض الأمينية من إبر *Pinus halepensis* على إصابات *Leucaspis pini* في محطة بني علي

### ملخص

يعتبر الصنوبر ، *Pinus halepensis* ، واحدا من الأنواع الأكثر شيوعا المزروعة بسبب نموه السريع، ومقاومته للظروف الأكثر شديدا، والقدرة على تجديد المناطق المتدهورة واحتلال الأرض العارية، ولكنها عرضة لهجمات من العديد من الآفات، بما في ذلك لقرمزي *Diaspine* ، *Leucaspis pini* ، والتي يمكن أن تسبب تفشي متفرقة مدمرة. ولكن، حيث أن البيولوجيا الإيكولوجية لهذا المحراث تدرس قليلا في أوروبا ولا تزال غير معترف بها في الجزائر. وقد نفذنا هذا العمل من أجل إظهار تأثير العوامل المناخية وتفاعلاتها مع العوامل الفيزيائية والكيميائية (محتوى الماء، والأحماض الأمينية، والبرولين) من إبر الصنوبر وأثارها مجتمعة على إصابات القرمزي، *Leucaspis pini* ، إلى داخل، بيني علي.

وتظهر هذه الدراسة أن هذا القرمزي له فترتين من الإصابات. خريف شتاء تغلب عليه يرقات المرحلة 1 والنبع الآخر الذي تسود فيه يرقات المرحلة الثانية، تظهر الفريسة والحوريات والمحافظة على الإناث. تأثير التفاعلات بين العوامل الفيزيائية والمناخية يدل على أن الإصابات على التعرض الشمالي هي أساسا بسبب الحد الأدنى من درجات الحرارة التي تأثير أكثر وضوحا على إنتاج الأحماض الأمينية من ذلك من البرولين

الكلمات الدالة: بني علي، العوامل المناخية والفسولوجية، العدوى، *Leucaspis pini* ، *Pinus halepensis*.





3.3.3.3.2. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11;Hammer et al., 2001).....	16
CHAPITRE III: Résultats et discussion.....	18
1. Résultats.....	18
1.1. Dynamique des populations de <i>Leucaspis pini</i> .....	18
1.1.1. Evolution temporelle des populations globale et par stade.....	18
1.1.2. Evolution temporelle comparée des populations par exposition Nord et Sud.....	19
1.2. Répartition temporelle comparée des différents stades de <i>Leucaspis pini</i> sur les expositions Nord et Sud.....	20
1.3. Evolution temporelle du taux d'acide aminés et de proline des aiguilles du pin d'Alep par exposition .....	21
1.3.1. Evolution temporelles par exposition a Beni Ali.....	21
1.4. Interactions comparée des facteurs climatiques (T°, HR) et physiologique (A.A, proline, eau) sur les infestations de <i>leucaspis pini</i> ..	22
2. Discussion :.....	24
2.1. Effet des facteurs climatiques sur la croissance et le développement de la cochenille <i>leucaspis pini</i> a Beni Ali.....	24
2.2. Effets des facteurs physicochimique (Acides aminées, proline,teneur en eau) sur les infestation de <i>leucaspis pini</i> .....	25
CONCLUSION .....	27
Référence bibliographique .....	

## LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SYMBOLES

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>AAN</b>	acides aminés nord
<b>AAS</b>	acides aminés sud
<b>BA</b>	Béni Ali
<b>CM</b>	courbe moyenne
<b>Fem</b>	femelle
<b>Fig</b>	figure
<b>H R %</b>	humidité de l'air
<b>INFN</b>	infestation nord
<b>INFS</b>	infestation sud
<b>L1</b>	larves mobile et fixe de 1 <sup>er</sup> stade
<b>L2</b>	larve de 2 <sup>ème</sup> stade
<b>N3</b>	pré nymphe
<b>N4</b>	nymphe
<b>PRN</b>	proline Nord
<b>PRS</b>	proline sud
<b>SP</b>	espèce
<b>T</b>	temps
<b>T MAX</b>	température maximale
<b>T MIN</b>	température minimale
<b>Tab</b>	Tableau
<b>TEN</b>	teneur en eau nord
<b>TES</b>	teneur en eau sud

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> . Interactions des facteurs climatiques (T° ,HR) et physicochimique (A.A , proline,eau) sur les infestation de <i>leucaspis pini</i> .....	22
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde, (Quézel, 1986)	4
<b>Figure 2:</b> Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006)....	4
<b>Figure 3:</b> Insectes phylophages (les processionnaires).....	6
<b>Figure 4:</b> Insectes xylophages <i>Hylotrype bajulus</i> .....	7
<b>Figure 5:</b> Les ravageurs du pin (Coutin, 1995).....	8
<b>Figure 6:</b> Schéma du cycle biologique de <i>Leucaspis pini</i> .....	10
<b>Figure 7:</b> Localisation de la station Ben Ali (Belhadid,2008).....	12
<b>Figure 8:</b> jeune Pin d'Alep de la station Béni Ali.....	13
<b>Figure 9:</b> femelle adulte (a) et bouclier (b) de cochenille <i>Leucaspis pini</i> ....	14
<b>Figure 10:</b> Schéma récapitulatif de la méthodologie de travail.....	17
<b>Figure 11:</b> évolution temporelle des différents stades de la cochenille du Pin d'Alep <i>Leucaspis pini</i> à Béni Ali.....	18
<b>Figure 12:</b> Evolution temporelle comparée des populations globale et par Stade par exposition nord (a) et sud (b).....	19
<b>Figure 13:</b> Répartition temporelle comparée des différents stades de <i>Leucaspis pini</i> sur les expositions Nord (a) et Sud (b).....	20
<b>Figure 14:</b> Evolution temporelle du taux d'acide aminés et de proline des aiguilles du pin d'Alep par exposition (Nord) et (Sud) à Béni Ali.....	21
<b>Figure 15:</b> Evolution temporelle du taux d'acide aminés et de proline des aiguilles du pin d'Alep à Béni Ali.....	22

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## Introduction générale

La forêt algérienne couvre une superficie globale estimée à 4.7 millions d'ha soit un taux de boisement de 11% pour le Nord de l'Algérie y compris la zone steppique (**Ghazi, 2009**). Elle se distingue par sa valeur écologique, sa richesse en espèces forestières et occupant les bioclimats les plus variables. Les essences les plus importantes sur le plan économique sont le chêne liège qui occupe la zone littorale humide et sub-humide, avec 21% de la surface forestière et le pin d'Alep, dominant par ses peuplements répartis sous forme de grands massifs sur l'ensemble de l'Algérie du Nord et peuple même les zones les plus hostiles de la steppe aux marges du Sahara. Le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées de l'Algérie du Nord, soit environ 800.000 ha (**Bentouati et al., 2005**). Il est localisé en grande partie à l'état naturel dans les régions de l'Est et du Centre du pays principalement sur les Atlas, tellien et saharien. Mais, il se trouve exposée à différents fléaux, en particulier les incendies et les attaques des insectes. Ces derniers sont représentés par des xylophages, des phyllophages et des suceurs de sève, entre autres la cochenille des aiguilles, *Leucaspis pini* dont la bioécologie reste très peu connue. Les seuls travaux très fragmentaires sur le cycle biologique et les dégâts ont été réalisés en Espagne et en Italie. En Algérie, aucune étude n'a porté sur cette espèce qui peut provoquer certaines années de sévères défoliations.

Dans l'objectif de connaître le cycle biologique, l'importance des périodes d'infestation *Leucaspis pini*, ainsi que de mettre en évidence les éventuels effets des facteurs climatiques, leur incidence sur quelques paramètres physiologiques des aiguilles des rameaux, selon les expositions Nord et Sud que ce travail mené, et organisé en trois chapitre;

- un premier chapitre portant sur la présentation du Pin d'Alep (*Pinus halpensis*) et de la cochenille *Leucaspis pini*.
- un deuxième chapitre: matériel et méthodes
- un troisième chapitre: résultats et discussion

# **CHAPITRE I: PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

## Chapitre I: Présentation du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de la cochenille *Leucaspis pini*

Le bassin méditerranéen est l'une des régions les plus boisées du monde (**Anonyme, 2006**). Il est caractérisé par des hivers humides et des étés chauds et secs (**Anonyme, 2013**). Les écosystèmes méditerranéens sont définis et régis par des variations périodiques du climat. Ces écosystèmes ne sont pas exposés au seul changement climatique. Ils ont subi des changements profonds causés par les activités humaines durant des siècles (**Blondel et al., 2010**). 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 semi-arides et subhumides (**Quézel, 2000**).

### 1. Systématique et description:

(**Farjon, 1996**) regroupe le pin d'Alep parmi l'Embranchement des Spermaphyta, le Sous-embranchement des Gymnospermae, la Classe des Pinopsida, l'ordre des Abietales et la famille de Pinaceae (Abietaceae).

Cette famille comprend le genre *Pinus*, divisé en trois sous-genres qui sont *Pinus*, *Ducampopinus* et *Cembrapinus*. Ces sous-genres sont divisés en sections. L'espèce *Pinus halepensis* Mill. fait partie de la section Halepensoïdes 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**).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites par **Quézel et Barbero, (1992)**, 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. Mais, **Price et al. (1998)** ainsi que **Lopez et al. (2002)** précisent que ces deux espèces sont deux taxons très proches génétiquement, précédemment inclus dans une section distincte, dans la sous-section halepensis

Il faut également préciser que la classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyploxylon*, ou pins «durs» à tendance à regrouper d'après **Gernandt et al. (2005,)** 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.

#### 1.2.1 Caractères botaniques:

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce très caractéristique qui existe à l'état spontané presque dans tout le nord algérien ou il peut atteindre 30 m de hauteur Sa longévité est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans (**Kadik, 1987**). Les feuilles ont un caractère xérophytique, en aiguilles.

L'écorce est gris argentée et lisse chez les jeunes arbres, puis brune rougeâtre, en écaille mince et large chez les plus âgés. Le pin d'Alep est un arbre polycyclique, susceptible d'effectuer plusieurs pousses par an et de produire des faux cernes (**Serre, 1973**).

## 1.2.2 Aire de répartition

### 1.2.2.1 Dans le monde

L'aire de répartition géographique du pin d'Alep se limite au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (**Quézel, 1987**) (Fig.1). 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 XX<sup>ème</sup> siècle (**Maestre et al., 2003**).

En Europe, Le pin d'Alep est surtout présent sur le littoral espagnol où il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de la région (**Montero, 2001**). En France, il est beaucoup plus fréquent en Provence prolongeant, dans le Nord, la vallée du Rhône où il occupe une aire de 202.000 hectares (**Couhert et Duplat, 1993**). En Italie, le pin d'Alep ne représente que 20.000 hectares cantonnés essentiellement dans le Sud, en Sicile et en Sardaigne. Par contre, en Grèce, les peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares.

En Méditerranée orientale, il est assez rare et remplacé par *Pinus brutia*. Il existe à l'état spontané mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au Proche Orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban) (**Seigue, 1985**).

Le pin d'Alep est surtout cantonné dans les pays du Maghreb et en plus de l'Espagne où il trouve son optimum de croissance et de développement (**Pardé, 1957**).

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 pin d'Alep couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi- aride (**Souleres, 1969**). Cependant **Ammari et al. (2001)** avancent une superficie de 370.000 hectares occupée par les forêts naturelles et les reboisements.

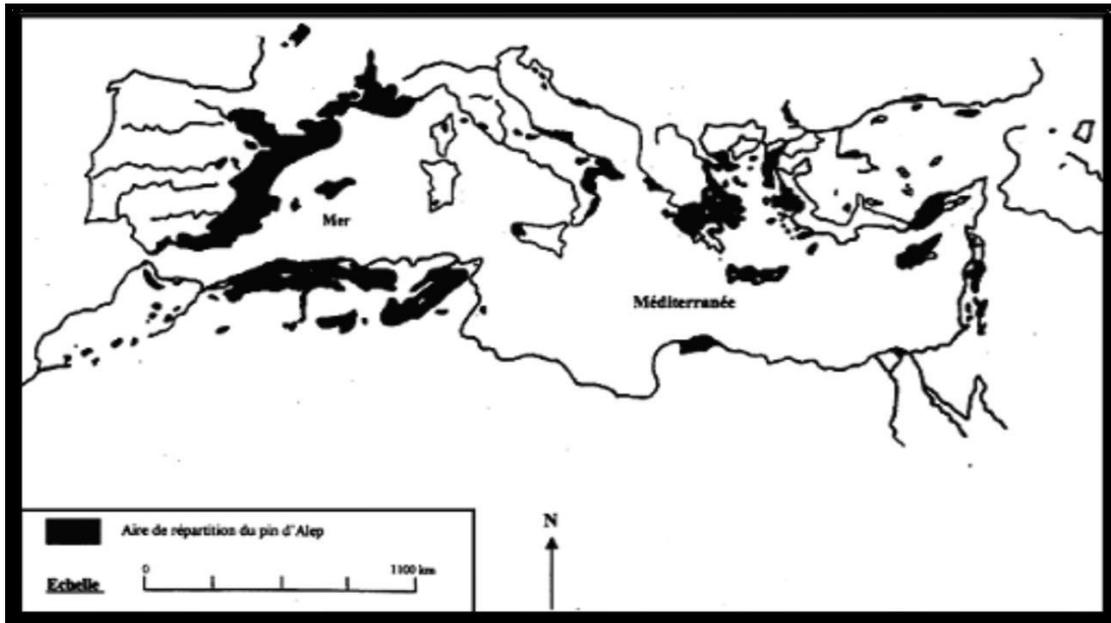


Figure 1: Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde, (Quézel, 1986)

#### 1.2.2.2 En Algérie:

Le pin d'Alep occupe avec 35 %, la première place de la surface forestière. Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride. 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 (Fig. 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). Boudy (1950) cite une surface de 852.000 hectares occupée par le pin d'Alep, alors que Seigue (1985) donne une surface de 855.000 hectares. Mezali (2003), dans un rapport sur le Forum des Nations Unis sur les Forêts (FNUF), avance un chiffre de 800.000 hectares.

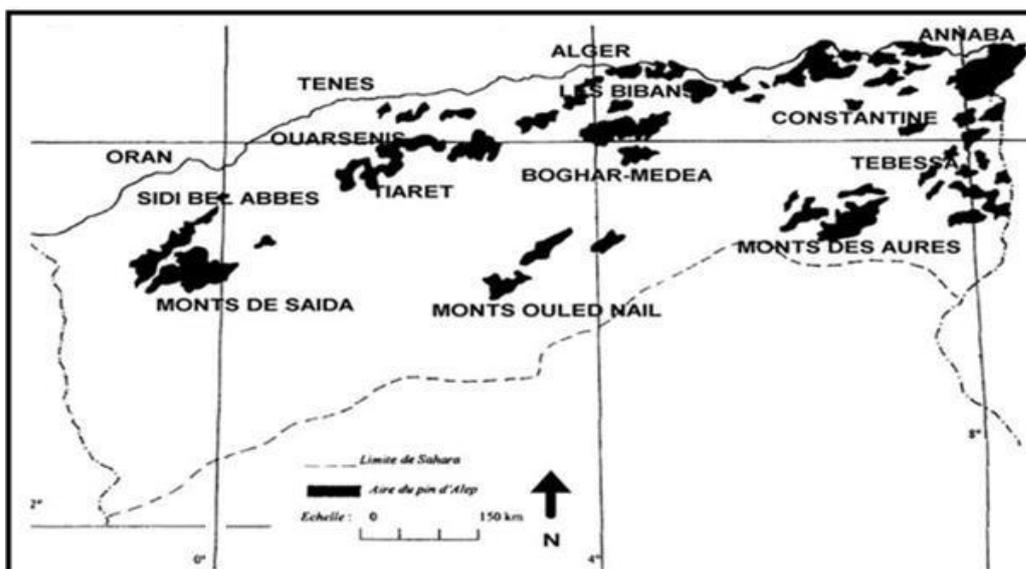


Figure 2: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006)

### 1.3.1: Exigences climatiques:

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants dans leur environnement (**Faurie et al., 1980**). 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 l'humidité 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, 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**).

Le pin d'Alep se caractérise par une plasticité exceptionnelle (**Quézel, 1986**). Il est considéré comme l'un des pins les plus tolérants à la température et la sécheresse prononcées (**Scarascia-Mugnozza, 1986**).

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'Algérie fait partie de l'aire isoclimatique « méditerranéenne » puisque son climat est caractérisé par l'existence d'une période de sécheresse axée sur la période chaude et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable (**Daget et al., 1988**). Sur la base de la classification récente de **Rivas-Martinez (2005)**, elle fait partie intégrante du « macroclimat méditerranéen ».

### 1.3.2. Température:

La température est un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep. On le rencontre dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -2 et + 6 °C. Il peut supporter des froids accidentels de -15 à -18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de durées limitées (**Bedel, 1986**). D'après l'étude conduite par **Brochiéro (1997)** en Provence calcaire, il ressort que les températures fraîches (température moyenne annuelle < 11°C) et les altitudes > 700 m restent défavorables à la croissance du pin d'Alep.

### 1.3.3. Pluviométrie:

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**).

Le pin d'Alep pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont variables et comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et

700 mm de précipitation annuelle que son développement est optimal (**Quézel et al., 1987**). De très belles futaies de pin d'Alep se localisent en zone semi-aride entre 300-400 jusqu'à 700 mm de précipitations annuelles (**Quézel, 1986**)

#### 1.3.4. Facteur édaphique

Au point de vue édaphique, le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, les schistes ou les micaschistes et demeure absent sur les granites et les gneiss. Il s'installe sur des sols très variés qui vont des lithosols aux sols évolués profonds. En fait, il semble indifférent à la nature de la roche mère, mais peut s'installer préférentiellement sur les substrats meubles ou friables et supporte beaucoup mieux que la plupart des autres essences provençales un taux élevé de calcaire actif. *Pinus halepensis* craint l'hydromorphie et ne peut pas prospérer dans les dépressions où l'eau s'accumule l'exposant ainsi à une asphyxie racinaire (**Loisel, 1976**).

#### 1.4. Les différents ravageurs:

##### 1.4.1. Les phyllophages:

Le pin d'Alep constitue un hôte favorable au développement de divers insectes ravageurs (Fig. 3). De sévères attaques dans les jeunes plantations sont causées périodiquement par la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, qui se traduit souvent par des défoliations spectaculaires particulièrement dans les reboisements en zone semi-arides.

La tordeuse des pousses, *Rhyacionia buoliana* est un lépidoptère non spécifique du pin d'Alep. Elle provoque des attaques les plus spectaculaires, qui s'observent sur les peuplements affaiblis par des dessèchements de rameaux en cime des arbres (**Lieutier1985**).



**Figure 3: Insectes phyllophages (les processionnaires)**  
(Anonyme, 2017)

### 1.4.2. Les xylophages:

Ils constituent le groupe le plus à craindre particulièrement aux conifères, en particulier lors des périodes de sécheresse.

Ce groupe d'insectes appartient essentiellement aux familles des Scolytidae, Cerambycidae et Buprestidae. Elles posent de gros problèmes à la santé des forêts du monde entier. Les retombées économiques des dégâts sont très conséquentes. La diversité et l'abondance de certaines espèces, particulièrement les scolytes, entraînent le dépérissement des peuplements et une détérioration des qualités technologiques du bois. Ces insectes interviennent, soit comme agresseurs primaires, soit le plus souvent comme agresseurs secondaires, aggravant l'état de peuplements aux capacités de réaction amoindries. Parmi les Scolytidae, l'hylésine des pins *Tomicus pinierda* ou *T. destruens* peut représenter une menace pour les peuplements de pin d'Alep affaiblis par le gel, la sécheresse ou le passage du feu. Généralement, ces insectes sous-corticaux se multiplient sur des arbres abattus ou blessés. D'autres scolytes comme *Tomicus minor* et *Orthotomicus erosus* peuvent également s'attaquer au pin d'Alep (Lieutier, 1997).



**Figure 4: Insectes xylophages *Hylotrupe bajulus* L (.1758)  
(Anonyme, 2017)**

### 1.4.3. Les opophages:

En Algérie, les insectes piqueurs suceurs de sève sont représentés par deux principales espèces de l'ordre des Hémiptères; le puceron *Cinara magrebica* qui infeste les jeunes rameaux de *Pinus alpeensis*, à Hakou Ferraoun et Béni Ali (Aroun, 2015), ainsi que les cochenilles des aiguilles du genre *Leucaspis*, en particulier *L. pini* provoquant des pullulations qui s'observent généralement en période sèche, mais qui ne causent que rarement des dégâts spectaculaires dans le sud de la France (Anonyme,2015).

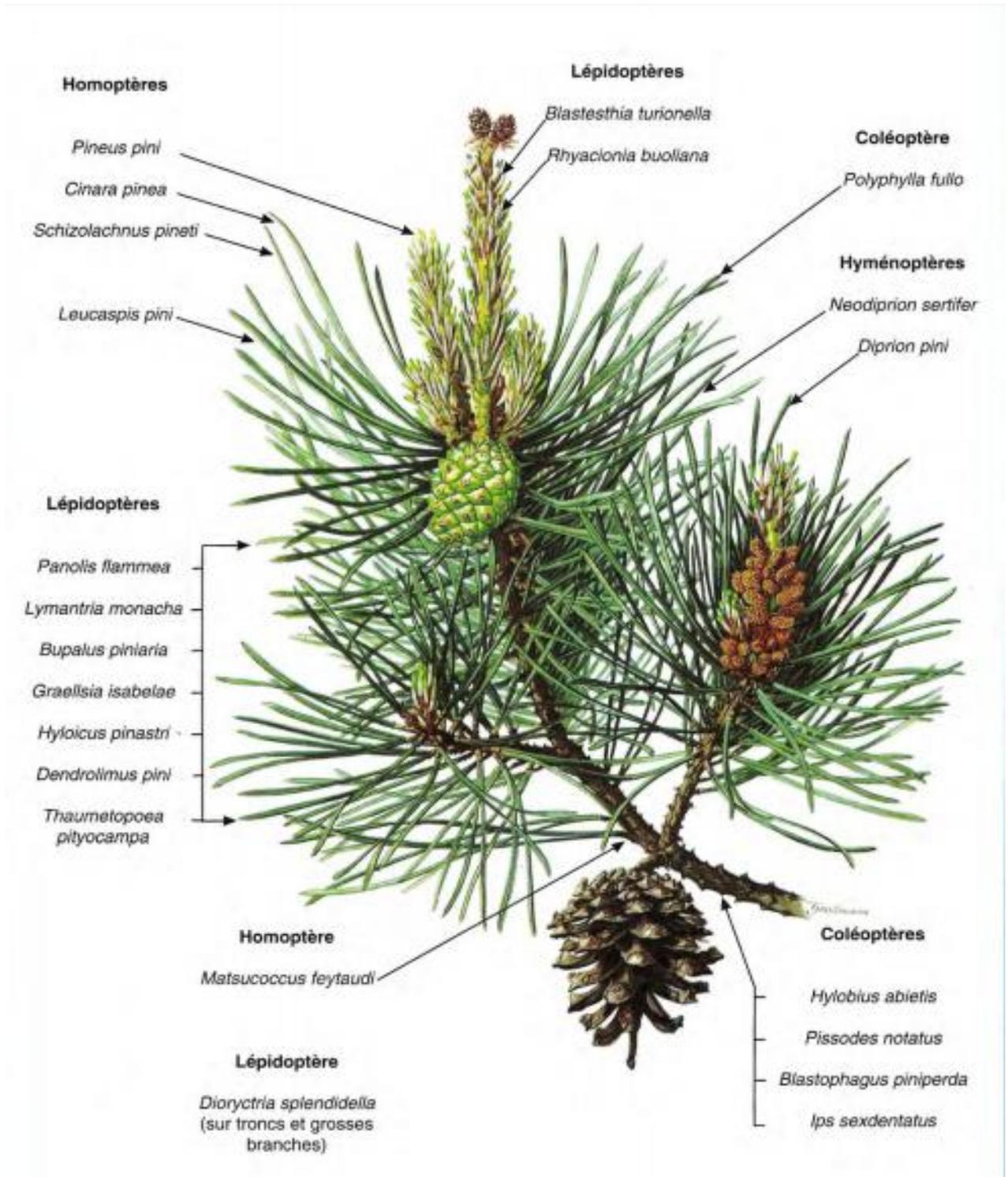


Figure 5: Les ravageurs du pin (Coutin, 1995)

## 2. Présentation de la cochenille: *Leucaspis pini*

### 2.1. Systématique:

Le genre *Leucaspis* est classé par **(Anonyme,2002)** parmi l'embranchement des insectes, l'ordre des Hémiptères, famille des Coccoidea, la sous famille des Diaspididae, la tribu des Parlatoriini, la sous tribu des Leucaspidina le genre des *Leucaspis* et l'espèce: *Leucaspis pini*.

### 2.2. Description:

*Leucaspis pini* est un Hémiptère de la famille des Diaspididae dont le corps des femelles est abrité par un bouclier assez résistant formé par la superposition des exuvies larvaires. Il présente une longueur qui varie entre 2,5 à 2,8 mm **(Anonyme, 2017)** à 2,5 à 3 mm sur 0,4 mm de largeur. D'un blanc mate, il porte une exuvie de couleur brune (anonyme, 2014).

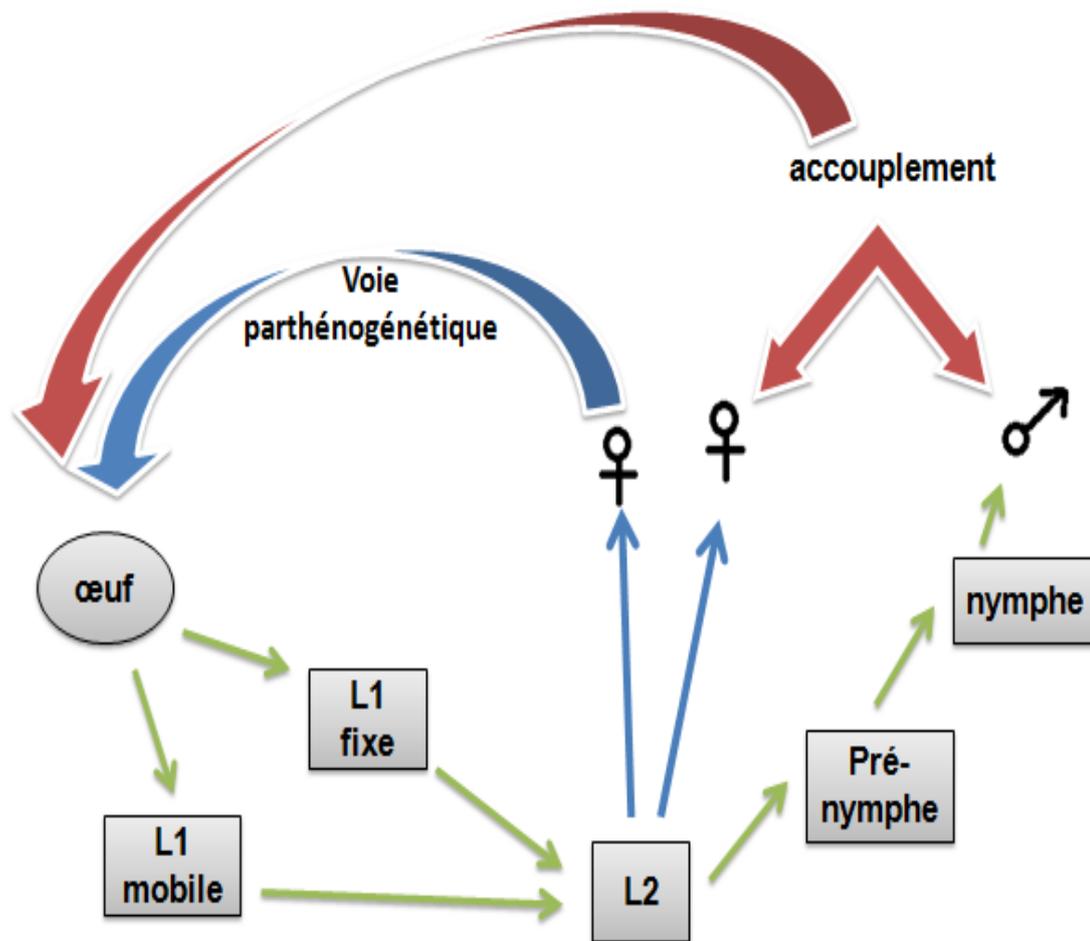
Les follicules mâles d'une longueur comprise entre 1,2 et 1,4 mm, étroits et allongés, à bords latéraux parallèles, de couleur blanc mâte, présentent une exuvie proximale jaune pâle et une partie distale arrondie **(Baronio, 2011)**.

### 2.3. Cycle biologique:

Cette espèce développe une seule génération par an en Italie. Elle hiverne sous la forme de larve néonate ou en tant que femelle mature Les femelles sont cryptogènes (sexuées) alors que les mâles sont néométaboliques. Dans le cas où l'hivernation a lieu sous la forme de femelle, les larves néonates mobiles sont pondues vers la fin du printemps. Elles se dispersent, et se fixent sur les aiguilles. Elles passent au stade larvaire 2 et commencent la sécrétion et la mise en forme du bouclier. Ensuite apparaissent les femelles cryptogènes qui ne complètent leur cycle pré-imaginaire qu'à partir de la deuxième année de leur cycle biologique, tout en brisant leur revêtement folliculaire pour attirer les mâles ailés et s'accoupler **(Baronio, 2011)**.

En Espagne, par contre les œufs sont pondus en mai. Après éclosion, la larve présente un stade mobile, puis elle se fixe par son rostre dans les tissus de l'aiguille. Le corps s'aplatit alors en s'élargissant. Après une première mue, toujours fixée, elle secrète des lamelles arquées formant un bouclier qui s'agrandit régulièrement par adjonction de bandes successives à sa périphérie. Plusieurs mues s'effectuent sous ce bouclier. L'hivernation est passée sous cette forme larvaire.

En avril-mai, apparaissent les adultes sous les boucliers larvaires qu'ils renforcent par leur propre sécrétion. À la mi-juin, les nouveaux mâles émergent et migrent vers d'autres aiguilles pour se nourrir **(Anonyme, 2017)**.



**Figure 6: Schéma du cycle biologique de *Leucaspis pini***

L1: larve de 1<sup>er</sup> stade ; L2: larve de 2<sup>ème</sup> stade

#### 2.4. Dégâts:

La cochenille des aiguilles du pin cause des blessures aux aiguilles en suçant la sève. Les infestations sévères provoquent fréquemment le jaunissement de l'ensemble du feuillage, à l'exception de la pousse de l'année. Les arbres affaiblis peuvent mourir. Le premier signe d'une attaque s'observe avec l'apparition de taches d'environ 3 mm de long ou d'écailles ovales blanches et cireuses sur les aiguilles. Lorsque ce ravageur devient abondant, les aiguilles de l'arbre attaqué semblent blanches à distance. L'alimentation provoque l'apparition de taches d'un vert jaunâtre. Lorsque l'infestation est très grave, les taches fusionnent, les aiguilles atteintes se dessèchent et tombent prématurément et le feuillage de certaines branches, voire même de l'arbre entier à l'exception des nouvelles aiguilles, prend un aspect gris. Sur les pins gravement infestés, les aiguilles sont réduites à environ la moitié de leur taille normale. Des infestations continues réduisent la vigueur et la croissance annuelle des arbres, les rendant plus sensibles aux attaques d'autres insectes et maladies et aux facteurs

environnementaux. De graves infestations pourront éventuellement tuer les rameaux, les branches et même les petits arbres (**Anonyme, 2015**).

### **3. Relation nutritionnelle:**

*Leucaspis pini* dont les larves et les adultes sont dotés d'un appareil buccal très spécialisé injectent au moment de la piqûre une salive riche en éléments toxiques pour la plante. Cet insecte s'alimente essentiellement de la sève élaborée des plantes vasculaires. Il provoque la dépréciation directe par spoliation de sève élaborée pouvant affaiblir la plante lors des explosions de populations, auxquelles s'ajoutent des dégâts indirects liés à la toxicité de la salive injectée, une réduction de la photosynthèse et l'excrétion massive de miellat qui entraîne la prolifération de fumagine et des brûlures (effet loupe et fermentation) (**Sauvion et al., 2013**).

Le comportement des insectes est guidé par ses besoins vitaux tels que se mettre à l'abri, se nourrir, se reproduire, assurer la survie de sa descendance. A chacune de ces étapes, l'insecte sera à la recherche du lieu le plus approprié : offrant un abri, de la nourriture, un site de ponte. C'est l'adulte (stade le plus mobile du fait de ses capacités à voler notamment) qui recherchera le site le plus adapté à ses besoins et/ou à ceux de sa descendance (**Anonyme, 2017**).

# **CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES**

## CHAPITRE II: Matériel et méthodes

### Objectif:

Notre travail a pour but d'évaluer l'impact des facteurs climatiques sur la teneur en eau, acides aminés et proline des aiguilles du Pin d'Alep, et leur effet sur la dynamique saisonnière des populations de la cochenille *Leucaspis pini* sur des plants à exposition Nord et Sud dans les régions de Béni Ali.

### 1. Présentation des stations

#### 1.1. Station de Béni Ali

La zone de Ben Ali occupant une superficie de 500 hectares, à une altitude comprise entre 659 et 1197 mètres, est localisée à 2° 25' de Longitude Est et 36° 27' de Latitude Nord (**Seltzer, 1946**), sur le versant septentrional de l'Atlas blidéen, au niveau du bassin versant de Sidi El Kebir. Le transect végétal établi sur une superficie homogène de 500 m<sup>2</sup> fait ressortir que la végétation est représentée des plants de semis de cedre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), bien qu'il soit plante à une altitude beaucoup plus basse (800m) par rapport à la situation du peuplement d'origine (à partir de 1300 m). Ces arbres indiquent la bonne adaptation de l'espèce aux conditions écologiques de la zone. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) prédomine, accompagné du chêne vert (*Quercus ilex*), du chêne kermès (*Quercus coccifera*), du diss (*Ampelodesmos mauritanicus*), du pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), du cytise épineux (*Calicotome spinosa*), de l'églantier sempervirent (*Rosa sempervirens*), de la garance voyageuse (*Rubia peregrina*), de la bruyère arborescente (*Erica arborea*), du garou (*Daphne gnidium*), de la lavande papillon, (*Lavandula stoechas*), de la centaurée laineuse (*Carthamus lanatus*), de l'orpin bleuâtre (*Sedum caeruleum*), d'une orchidée (*Orchis* sp), de La vesce commune (*Vicia sativa*), du millepertuis commun (*Hypericum perforatum*), du séneçon commun (*Senecio vulgaris*), du Géranium herbe-à-Robert (*Geranium robertianum*) et du la sariette (*Satureia graeca*) (**Aroun, 2015**).



Figure 7: Localisation de la station Ben Ali (Belhadid, 2008)

## 2. Matériels:

### 2.1. Matériel végétal (*Pinus halepensis*)

En Algérie, (**Kadik, 1983**), le Pin d'Alep est très fréquent du Tell littoral à l'Atlas saharien colonisant ainsi tous les massifs montagneux. Malgré l'influence de l'homme sur cette espèce, il occupe toujours de vastes étendues en Oranie, l'Algérois et dans le Constantinois. Il est estimé à 850 000 hectares (**Mezali, 2003**).

Sa répartition altitudinale, l'étage méditerranéen semi-aride (**Emberger, 1930**) est le territoire de prédilection du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Selon **Quezel et al. (1992)**, sur tout le pourtour méditerranéen, il se développe aux étages thermo méditerranéen et méso-méditerranéen, avec un indice xérothermique (**Bagnouls et Gausson, 1953**) de 60 à 150, supportant ainsi une saison sèche assez longue. Nous le retrouvons depuis 0 et 300-600 m et 0 et 1200-1400 m d'altitude respectivement en Méditerranée septentrionale et méridionale (**Quezel, 1980**). Au Maghreb, il atteint les 2400 m dans le Haut Atlas central et près de 2000 m dans l'Aurès et pénètre ainsi dans l'étage supra-méditerranéen (**Quezel et al., 1992**).



Figure 8: jeune pin d'Alep de la station Béni Ali (Originale, 2017)

### 2.2. Matériel animal (*Leucaspis pini*)

La cochenille des aiguilles du pin, *Leucaspis pini*, appartient à la famille des Diaspididés. Elle mesure 2,2 à 2,8 mm de long. Les individus jeunes ou âgés se trouvent toujours fixés dans le pli de chaque aiguille, ce qui les rend

parfois difficiles à observer. Les femelles pondent au mois de juillet. Les feuilles attaquées jaunissent et tombent prématurément (**Coutin, 1995**).



**Figure 9: femelle adulte (a) et bouclier (b) de *Leucaspis pini*; (Originale, 2017)**

### **3. Méthodologie de travail**

#### **3.1. Dans le terrain:**

Les deux rameaux de 10 cm prélevés de chacun des 5 arbres par exposition et station sont conservés dans des sachets en papier portant la date du prélèvement, le numéro de l'arbre, l'exposition et la station.

#### **3.2. Au laboratoire:**

Nous avons réalisé sous une loupe binoculaire le dénombrement et l'identification des différentes morphes (larves de 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, femelle adulte, pré nymphe, nymphe et mâle adulte) de la cochenille *Leucaspis pini*.

La phase des analyses en teneur d'eau, acides aminées et proline des aiguilles du Pin d'Alep a nécessité des boîtes de pétrie, des 3.tubes à essai des béchers, un bain marie, un spectrophotomètre, une étuve, une centrifugeuse, un réfrigérateur, ainsi que du méthanol, de l'éthanol, du chloroforme, de l'acide acétique glacial, de l'acétate de sodium (pH= 4,3), du Ninhydrine et de l'eau distillée.

#### **3.3. Méthodes d'échantillonnage:**

##### **3.3.1. Dénombrement des populations:**

Nous avons réalisé tous les 15 jours, sous loupe binoculaire le dénombrement des populations globales mortes et vivantes, et celles des larves de 1<sup>er</sup> stade mobile et fixe, de 2<sup>ème</sup> stade, des pré nymphes, nymphes, femelles adultes et mâles adultes de *D. regnerie* par aiguille, rameau, exposition et station.

### 3.3.2. Analyses physico-chimique

#### 3.3.2.1. Teneur en eau:

100 g d'aiguilles du cèdre de l'Atlas des expositions versants Nord et Sud des stations de Béni Ali sont mis à sécher à 90°C pendant 48 heures à l'étuve. La différence entre le poids initial des aiguilles (100g) et le poids après séchage détermine le poids ou la teneur en eau.

Les aiguilles séchées sont conservées -15°C dans des sachets étiquetés portant la date, le poids sec, la station et exposition pour le dosage des acides aminés et proline.

#### 3.3.2.2. Extraction des acides aminés solubles et de la proline

Les échantillons d'aiguilles du cèdre de l'Atlas conservés -15°C sont utilisés pour l'extraction des acides aminés solubles d'après la méthode décrite par **(Naidu, 1998)** qui consiste à prélever 50 mg d'échantillon qui sont placés dans des tubes de centrifugation contenant 5 ml d'un mélange (*méthanol : chloroforme : eau*) (60: 25: 15 ml). Les tubes scellés sont chauffés au bain marie à 60°C durant 02 heures et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant sert ensuite aux dosages des acides aminés solubles et de la proline.

#### 3.3.2.3. Dosage des acides aminés solubles

Un (01) millilitre de solution tampon acide acétique /acétate de sodium (pH= 4,3) et 1 ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie à 95°C pendant 15 mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm.

Une courbe étalon a été réalisée à partir d'une solution mère de leucine à 5 nmoles préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 0 et 200 nmoles de leucine. Les résultats ont été exprimés en µmoles d'équivalents leucine/g M.F.

#### 3.3.2.4. Dosage proline:

La proline est déterminée par une méthode développée par **(Singh, 1973)** qui consiste à prendre 1 ml de surnageant, 4 ml de solution de Ninhydrine, 4 ml d'acide acétique glacial et 1 ml d'eau distillée qui sont placés dans des tubes de centrifugation de 10 ml. Ce mélange est chauffé au bain marie à 90°C pendant 45 mn et refroidi à la température ambiante. L'absorbance a été lue à 520 nm. Les résultats sont lus selon la courbe étalon de Proline.

### 3.3.3. Exploitation des résultats:

#### 3.3.3.1. Variations temporelles des populations:

Nous avons réalisé le dénombrement des effectifs globales saisonniers des larves de 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> stade, des femelles adultes, des pré nymphes, des nymphes et

des males adultes sur les 5 arbres de chacune des expositions Nord et Sud dans les stations de chrèa et Beni Ali durant la période s'étalant du 10 Novembre 2016 au 06 Mai 2017.

### **3.3.3.2. Variations temporelles des paramètres physicochimiques:**

on a pris une quantité de 100g des aiguilles du cèdre de chacune des expositions Nord et Sud dans les stations de chrèa et Beni Ali durant la période de l'étude pour faire le dosage des acides aminés et de la proline.

### **3.3.3.3. Analyses statistiques:**

Les résultats présentés sous forme de courbes, réalisées par un logiciel Excel représentent les ravageurs opophages du cèdre de l'Atlas.

#### **3.3.3.3.1. Analyses multi variées (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)**

Dans le cas de variables qualitatifs de type présence absence, ou de variables semi quantitatives (indices de recouvrement, abondances moyennes), nous avons eu recours à une A.F.C. (Analyse factorielle des Correspondances). La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte que plus de 50 % de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne des points a été prise en compte avec le logiciel PAST.

#### **3.3.3.3.2. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11; Hammer et al., 2001)**

Les analyses de corrélation sont faites sur des valeurs homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de corrélation. La signification des comparaisons des valeurs a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9.

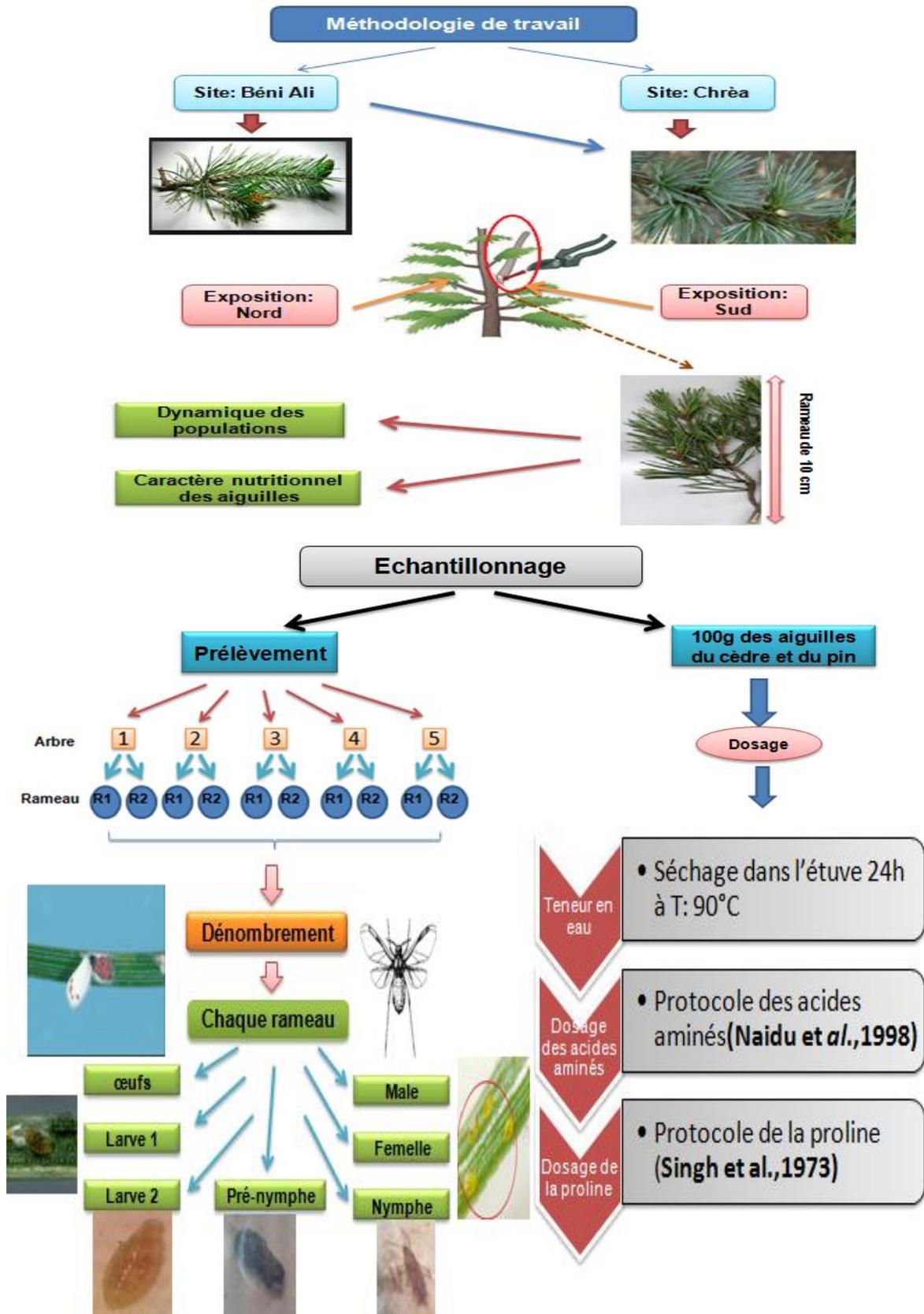


Figure 10: schéma récapitulatif de la méthodologie de travail

# **CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DESCUSION**

## Chapitre III: Résultats et discussion:

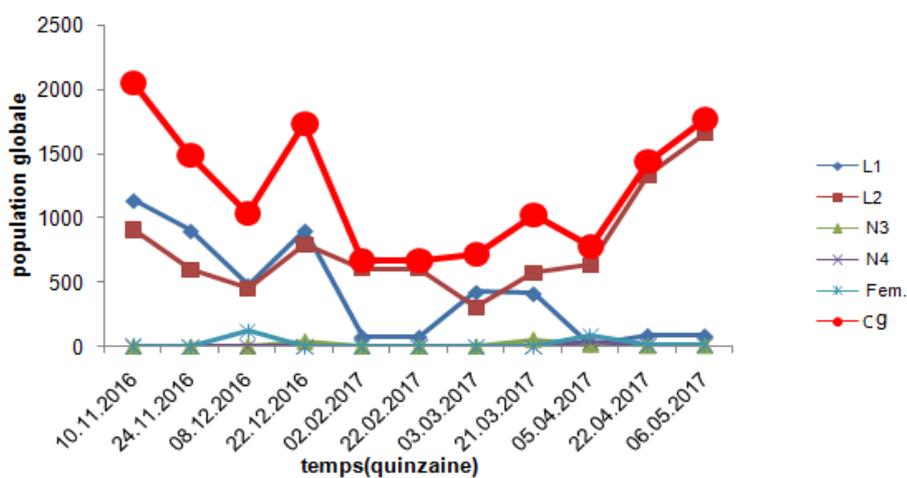
Les résultats relatifs à la croissance, le développement et à la disponibilité de la cochenille du pin d'Alep, *Leucaspis pini* à Béni Ali en fonctions des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physicochimiques (acide aminés, proline, eau) sont exposées dans ce chapitre

### 1. Résultats

#### 1.1. Dynamique temporelle des populations de *Leucaspis pini*

##### 1.1.1. Evolution temporelle des populations globale et par stade

Les résultats de l'évolution temporelle des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du Pin d'Alep *Leucaspis pini* à Béni Ali reportés sur la figure (fig.7) montrent que les populations globales présentent deux périodes d'infestation; la première automno-hivernale, dont les stades les plus représentés sont les larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade, plus que les larves de 2<sup>ème</sup> stade. La deuxième période printanière est beaucoup plus représentée par les larves de 2<sup>ème</sup> stade dont les infestations augmentent par rapport à celles des larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade, qui diminuent pour devenir très rares.



**Figure 11: évolution temporelle des différents stades de la cochenille du pin d'Alep *Leucaspis pini* à Beni Ali**

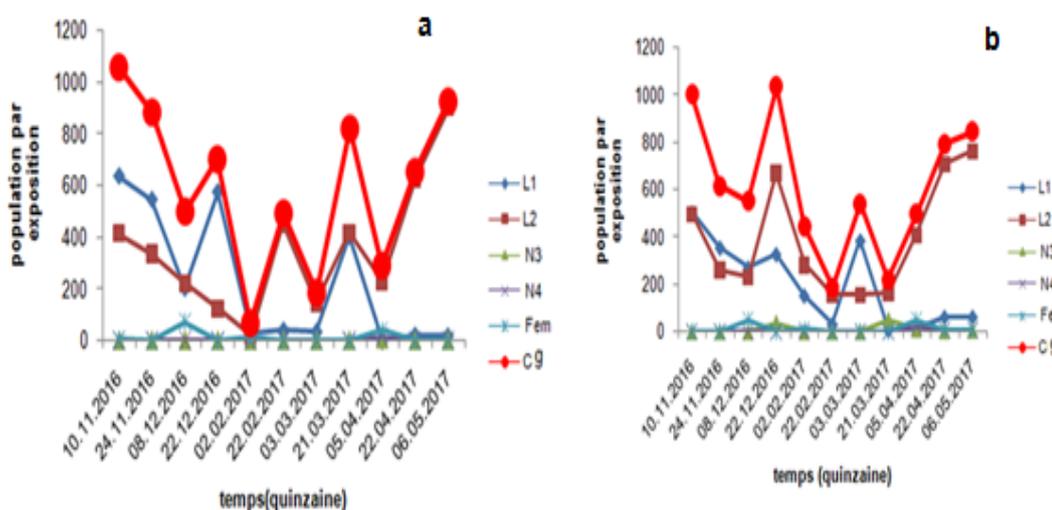
L1: larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade ; L2: larve de 2<sup>ème</sup> stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; CM: courbe moyenne.

L'infestation globale hivernale beaucoup moins prononcée est surtout représentée par les larves de 2<sup>ème</sup> stade. Les prénymphe, les nymphes et les

femelles sont très peu abondantes par rapport aux autres stades durant toute la période de notre suivi.

### 1.1.2. Evolution temporelle comparée des populations par exposition Nord et Sud

Les résultats de l'évolution temporelle comparée des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du Pin d'Alep *Leucaspis pini* sur les expositions Nord (fig. 8a) et Sud (fig. 8b) font apparaitre que quelque soit l'exposition les infestations globales présentent deux périodes d'infestation; la première automno-hivernale, beaucoup plus prononcée et temporellement plus étalée sur l'exposition Sud que celle du Nord, et dont les infestations se prolongent au printemps par rapport à celles de l'exposition Sud qui se raréfient et ne commencent à réapparaître et à augmenter qu'à partir de la fin de la période hivernale.



**Figure 12: évolution temporelle comparée des populations globale et par stade par exposition nord (a) et sud (b)**

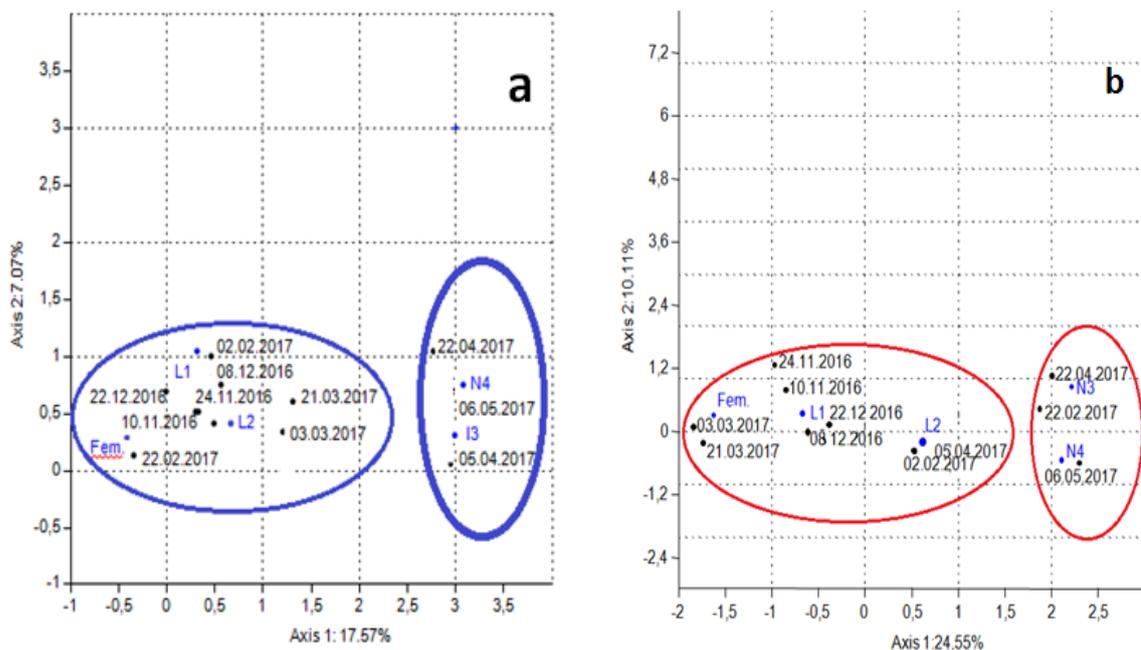
L1: larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade ; L2: larve de 2<sup>ème</sup> stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; CM: courbe moyenne.

Les populations temporelles des différents stades sont caractérisées en particulier par la présence permanente et plus prononcée des larves de 2<sup>ème</sup> stade sur l'exposition Sud que celle du Nord, alors que les larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade plus abondantes au Nord qu'au Sud durant les saisons automnale et hivernale, se raréfient durant le printemps et le début de la saison estivale au niveau des deux expositions. Les pré-nymphe, les nymphes et les femelles sont

très peu abondantes par rapport aux autres stades durant toute la période de notre suivi quelque soit l'exposition.

### 1.2. Répartition temporelle comparée des différents stades de *Leucaspis pini* sur les expositions Nord et Sud

Les résultats de la répartition temporelle comparée reportés sur la figure 9a et b, font apparaitre la présence de deux groupes homogènes de répartition des différents stades biologiques de *Leucaspis pini* quelque soit l'exposition Nord (fig. 9a) ou Sud (fig. 9b).



**Figure 13: Répartition temporelle comparée des différents stades de *Leucaspis pini* sur les expositions Nord (a) et Sud (b) à Béni Ali**

L1: larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade ; L2: larve de 2<sup>ème</sup> stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; CM: courbe moyenne.

Ainsi, le groupe 1 est représenté par les larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade, les larves de 2<sup>ème</sup> stade et les femelles dont la présence s'étale du 10 Novembre 2016 au 21 Mars 2017. Alors que le deuxième groupe comprend les prénymphe et les nymphes dont la présence s'étale du 22 Avril au 05 Mai 2017.

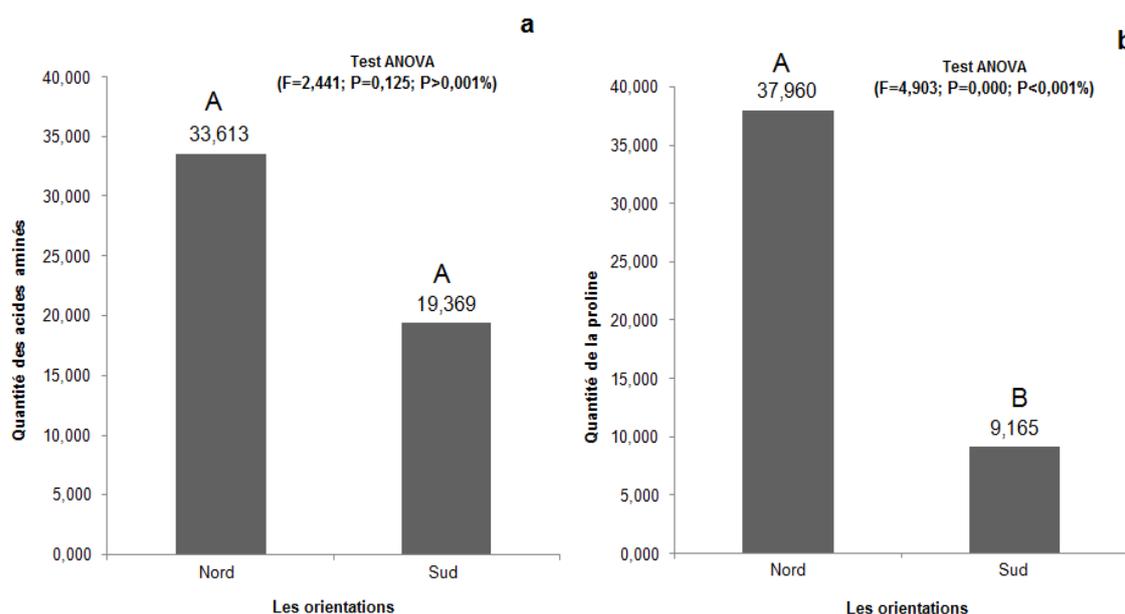
### 1.3 Evolution temporelle du taux d'acide aminés et de proline des aiguilles du pin d'Alep par exposition

Les résultats de la variation temporelle des acides aminés et de l'osmorégulateur-Proline ont été estimés sur les aiguilles du pin d'Alep par rapport aux expositions Nord et Sud

#### 1.3.1. Evolution temporelles par exposition

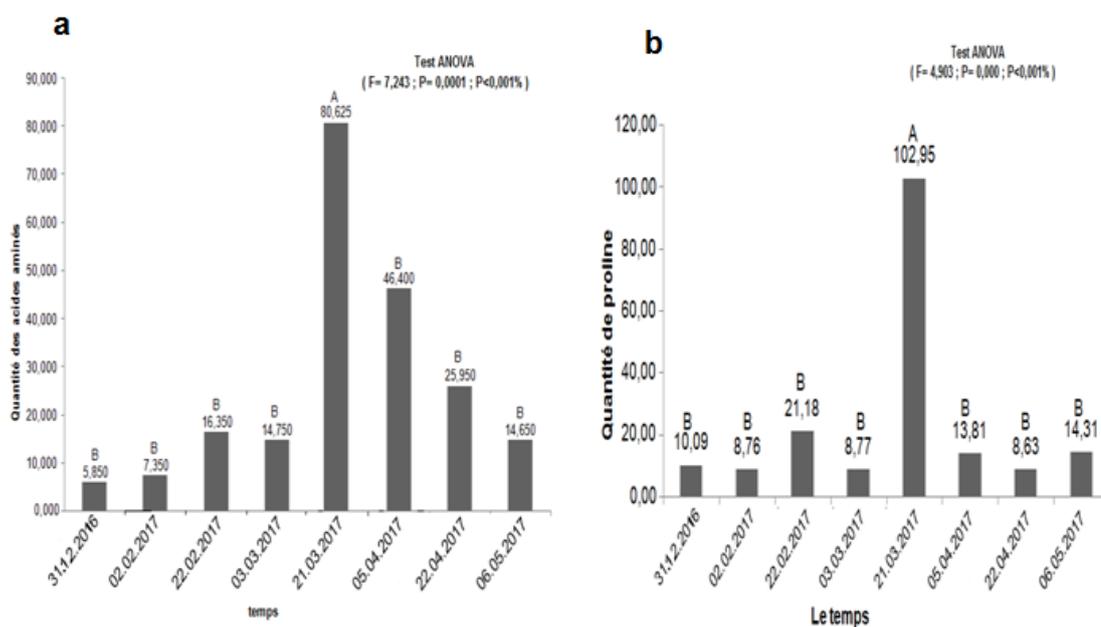
Les résultats du test GLM reportés graphiquement sur la figure 10 montrent que l'exposition n'a pas d'effet sur la production des acides aminés ( $P= 0,125$ ;  $P> 0,001\%$ ) par rapport à la production de proline qui est la plus prononcée au niveau des aiguilles à exposition Nord ( $P= 0,000$ ;  $P< 0,001\%$ ).

Par contre, concernant la production temporelle comparée des acides aminés et de proline, les résultats du test Anova reportés graphiquement sur la figure 11 montrent la présence d'une différence hautement significative de la production temporelle des acides aminés ( $P= 0,0001$ ;  $P< 0,001\%$ ) et de proline ( $P= 0,0000$ ;  $P< 0,001\%$ ) par les aiguilles du pin d'Alep. Ainsi, il ressort des résultats que le taux de sécrétion optimal des acides aminés et de proline a lieu au 21 Mars 2017 (groupe A), alors qu'il est beaucoup plus faible et plus variable (groupe B) durant les autres phases du cycle végétatif, en particulier durant le mois de Décembre 2016 (acides aminés) et les mois de Février, Mars et Avril 2017 (Proline).



**Figure 14: Evolution temporelle du taux d'acide aminés et de proline des aiguilles du pin d'Alep par exposition (Nord) et (Sud) à Beni Ali.**

(a): Acides aminés;(b): Proline



**Figure 15: Evolution temporelle du taux d'acide aminés (a) et de proline (b) des aiguilles du pin d'Alep à Beni Ali.**

**1.4. Interaction comparée des facteurs climatiques (T°C, H.R) et physiologiques (acides aminés, proline, eau) sur les infestations de *Leucaspis pini***

**Tableau N°1: Interactions des facteurs climatiques (T°C, H.R) et physicochimiques (acides aminés, proline, eau) sur les infestations de *Leucaspis pini* sur les expositions Nord et Sud**

Nord	AAN	PRN	INFN	TEN	Sud	AAS	PRS	INFS	TES
AAN	0	0,86667	0,70201	0,89272	AAS	0	0,67106	0,62157	0,24337
PRN	0,671349	0	0,30025	0,37686	PRS	-0,17924	0	0,66191	0,48225
INFN	0,71617	0,41996	0	0,95487	INFS	0,52077	0,38446	0	0,43794
TEN	0,5734	-0,363	0,02408	0	TES	0,46699	0,29236	-0,3212	0
T max	-0,36072	-0,0712	0,17186	-0,7197	T max	0,24436	0,04645	0,179	-0,41927
T min	-0,37883	-0,3968	0,51269	0,04295	T min	0,2035	0,42893	0,70995	-0,07209
HR %	0,29521	0,10919	0,27269	0,71818	HR %	-0,23122	0,01138	0,00412	0,56077

**AAN:** Acides Aminés Nord, **PRON:** Proline Nord, **INFN:** Infestation Nord, **TEN:** Teneur en eau Nord, **T. maxN:** Température maximale Nord, **T. minN:** Température minimale Nord, **HRN:** Humidité Relative Nord, **AAS:** Acides Aminés Sud, **PRS:** Proline Sud, **INFS:** Infestation Sud, **TES:** Teneur en eau Sud, **TmaxS:** Température maximale Sud, **TminS:** Température minimale Sud, **HRS:** Humidité Relative Sud.

Les résultats comparés de l'interaction des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physiologiques (teneur en eau, acides aminés, proline) au niveau des expositions Nord et Sud (Tabl. 1) des aiguilles du pin d'Alep dans la région de Béni Ali montrent d'après les coefficients de corrélation qu'il existe une forte interaction entre certains de ces facteurs sur les infestations de la cochenille, *Leucaspis pini*. Cependant, au niveau des deux l'exposition, il apparait que le facteur température maximale a un effet contradictoire en diminuant la teneur en eau des aiguilles nord ( $r = -0,7197$ ) et sud ( $r = -0,41927$ ) et qu'il y a une augmentation de la teneur en eau des aiguilles avec l'augmentation de l'humidité relative de l'air nord ( $r = 0,7181$ ) et sud ( $r = 0,56077$ ). Le niveau d'infestation au niveau des expositions nord et sud sont corrélés positivement d'après leur coefficients ( $r_n = 0,71617$ ), ( $r_s = 0,62077$ ).

## 2. Discussion

### 2.1. Effet des facteurs climatiques sur la croissance et le développement de la cochenille *Leucaspis pini* à Béni Ali

Les résultats portant sur l'effet des facteurs climatiques sur la croissance et le développement de la cochenille *Leucaspis pini* à Beni Ali montrent que les différents stades présentent deux périodes d'infestation; la première automno-hivernale, dont les stades les plus représentés sont les larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade, plus que les larves de 2<sup>ème</sup> stade. La deuxième période printanière est beaucoup plus représentée par les larves de 2<sup>ème</sup> stade dont les infestations augmentent par rapport à celles des larves mobile et fixe de 1<sup>er</sup> stade. L'infestation globale hivernale beaucoup moins prononcée est surtout représentée par les larves de 2<sup>ème</sup> stade. Les prénymphes, les nymphes et les femelles sont très peu abondantes par rapport aux autres stades durant toute la période du suivi. Il ressort de cette étude que cette cochenille arrive à se préserver pendant la période automno-hivernale sous la forme de jeunes larves de premier et deuxième stade, de femelle. En effet ces résultats corroborent avec ceux de **Baronio (2011)** qui montrent que cette espèce est univoltine et qu'elle passe l'hiver sous différentes morphes biologiques en Espagne. Au Portugal, sa présence est signalée par **Franco et al. (2011)**, alors qu'en France sa présence est reconnue dans le département de la Drôme situé dans le quart sud-est de la France (**Anonyme, 2017**). Dans ces différents pays, les seules présentations de l'espèce ont porté sur sa classification, la description des différents morphes du cycle biologique annuel, mais ne se sont guère intéressées au même titre qu'en Algérie, à l'étude de l'effet des facteurs climatiques sur la croissance et le développement de ce ravageur des aiguilles et à son écophysiobiologie. Les résultats de notre étude démontrent que le niveau d'infestation de cette cochenille augmente avec le taux de l'humidité relative de l'air et les températures maximales. Les seuls travaux recensés ont porté sur l'impact de ces facteurs sur d'autres Homoptères, en particulier Aphididae, qui sont fournis par **Barlow (1962)** et qui montrent que la température est un facteur de variation du taux intrinsèque d'accroissement de ces Homoptères. Ainsi que les études faites par **Lema et Herren (1985)** qui montrent que les seules températures constantes ont un effet sur le taux de croissance des populations de la cochenille *Phenacoccus manihoti* et ceux de **Le Rü et Fabres (1987)** qui montrent que le pouvoir de multiplication de la cochenille est très sensible à de faibles variations de la température, contrairement à l'humidité relative, dont l'influence sur la durée du développement est faible. Ainsi, ils ont pu remarquer que celle-ci augmente légèrement avec l'humidité relative. La température intervient d'une manière significative sur le développement de la cochenille.

## 2.2. Effet des interactions entre les facteurs physico-chimiques (acides aminés, proline, teneur en eau) et climatiques sur les infestations de *Leucaspis pini* sur pin d'Alep

Les résultats portant sur l'effet des interactions des facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles du pin d'Alep sur les rameaux à exposition Nord et Sud et des facteurs climatiques sur les infestations de *Leucaspis pini* dans la région de Béni Ali montrent qu'ils ont des effets controversés en fonction des expositions, mais également des différents facteurs climatiques et physico-chimiques. Ainsi, l'exposition a un effet majoratif de la production des acides aminés par rapport à la production de proline qui est la moins prononcée au niveau des aiguilles de l'exposition Nord sur lesquelles les infestations sont les plus importantes sous l'effet des températures minimales, qui au niveau de l'exposition Sud, provoquent une augmentation du taux de proline et des infestations. Par contre, la production temporelle des acides aminés et de proline est la plus marquée pendant la période printanière. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que quelque soit l'exposition la disponibilité des éléments nutritifs facilement assimilables, en particulier l'augmentation de la synthèse des acides aminés provoque une augmentation du niveau d'infestation, et à induire la plante à produire des métabolites secondaires de stress, la proline dont la sécrétion s'observe en particulier par les aiguilles des rameaux à exposition Nord. En absence d'études sur l'effet des facteurs physicochimiques (acides aminés, proline, eau) et de leurs effets combinés à ceux des facteurs climatiques sur cette espèce de cochenille, nous nous sommes documentés et essayés de confronter nos résultats à ceux des travaux réalisés sur d'autres insectes, en particulier les Aphididae dont le régime alimentaire est similaire et sensible à la qualité nutritive des plantes, puisqu'un changement de statut nutritif des plantes les affectent directement ou indirectement (**Hartvigsen et al., 1995**), sur leur croissance, sans affecter leur métabolisme (**Qian et al., 2001**). L'accumulation de la proline dans les aiguilles des rameaux à exposition Nord est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement comme le montrent **Belkhodja et Benkabilia, en 2000**. Ce marqueur est également reconnu par **Heyser et al. en 1989** intéressant pour évaluer leur résistance au stress. De même, les niveaux de l'infestation printanière beaucoup plus prononcés que ceux de l'hiver quelque soit l'exposition, mais plus marquée au Nord, sont dus à la disponibilité plus importante de jeunes pousses et à la disponibilité des acides aminés, accompagnée chez la plante par la production du facteur marqueur de stress, la proline est également vérifiée en 2007 par **Bastos et al. et Bi et al.**, qui ont pu remarquer que les jeunes feuilles plus riches en azote, mais plus pauvres en métabolites secondaires de défense sont plus recherchées par les insectes car elles augmentent la rapidité de développement des larves et des nymphes. Comme elles augmentent également d'après **Awmack et Leather, (2002)** la taille des larves et des nymphes et celle

des adultes, comme elles améliorent leur fécondité. Ainsi, lorsqu'elles éclosent en début de saison, les larves recherchent davantage des feuilles de bonne qualité nutritive que lorsqu'elles éclosent en fin de saison lorsque les valeurs nutritives des feuilles sont plus homogènes . **Chuche et al. (2014)** avaient déjà montré que des différences de teneur en acides aminés entre les jeunes feuilles, les feuilles plus âgées, ainsi que les concentrations en isoleucine, en leucine et en phénylalanine, 3 acides aminés essentiels aux insectes, sont ainsi plus élevées dans les jeunes feuilles; mais dont la teneur et la disponibilité diminuent au fur et à mesure de la maturation des feuilles. Par contre, la teneur en acides aminés non-essentiels augmente dans les vieilles feuilles, notamment en alanine et en proline. C'est ce qui est également vérifié par nos résultats.

# **CONCLUSIONS-PERSPÉCTIVES**

**Conclusion générale et perspectives:**

Au terme de ce travail consacré à l'étude de l'influence des facteurs climatiques et de leur interactions avec les facteurs physico-chimiques, ainsi que leur incidence sur les infestations de la cochenille du pin d'Alep, *Leucaspis pini* à station de Béni Ali démontre que quelque soit l'exposition, les différents stades présentent deux périodes d'infestation; la première automno-hivernale qui se caractérise par la présence plus marquée des larve L1 que celle des larves 2 et des femelles, contrairement à la période printanière durant laquelle prédominent les Larves 2, par rapport aux larves 1, prénymphes nymphes et femelles. Cette cochenille passe l'hiver sous forme de jeunes larves de premier et deuxième stade, de femelle.

Les résultats portant sur l'effet des interactions des facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles du pin d'Alep sur les rameaux à exposition Nord et Sud et des facteurs climatiques sur les infestations de *Leucaspis pini* dans la région de Béni Ali montrent que l'exposition a un effet sur la production des acides aminés qui est plus important par rapport à la production de la proline sur l'exposition Nord, et dont l'infestation est plus importante sous l'effet de la température minimale, qui au niveau de l'exposition Sud provoque en période printanière une augmentation du taux de proline et des infestations induite par la disponibilité des éléments nutritifs facilement assimilables, en particulier l'augmentation de la synthèse des acides aminés, mais qui induit la plante à produire des métabolites secondaires de stress, la proline dont la sécrétion s'observe en particulier au niveau des aiguilles des rameaux à exposition Nord.

En perspective, il serait intéressant de compléter ce travail par des études plus approfondies permettant de mieux mettre en évidence le cycle biologique annuel de l'espèce, en particulier durant ses phase printano-estivo-automnale.

# **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### Référence bibliographique:

**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. Pp.: 239-246p.

**Awmack, C.S., and Leather, S.R. (2002).** Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. In *Annual review of entomology* 47, pp.: 817-844.

**Anonyme, 2017.** Inventaire National de Patrimoine Nature, 2003-2017/ Muséum national d'histoire naturelle (Ed), site web: <https://inpn.mnhn.fr>. consulté le 4 septembre 2017

**Anonyme 2002,** La familia "Diaspididae" Targioni-Tozzetti, María Amparo Blay Goicoechea 1868 de España peninsular y Baleares (Insecta, Hemiptera, Coccoidea), 8p.

**Anonyme., 2013.** Ecological and evolutionary responses of Mediterranean plants to global change. *Environmental and Experimental Botany*. Site web: [http://dx.doi.org/10.1016/j. envexpbot.2013.09.004](http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.09.004).

**Anonyme., 2006.** Global planted forests thematic study. Results and analysis, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 38p.

**Anonyme 2015.,** les cochenilles des aiguilles du pin, site web: <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/5957> .2p.

**Anonyme 2017.,** *Leucaspis sp* , Les cochenilles des aiguilles du pin site web : [ephytia.inra.fr/fr/C/19070/Forets-Cochenilles-des-aiguilles-du-pin](http://ephytia.inra.fr/fr/C/19070/Forets-Cochenilles-des-aiguilles-du-pin) .1p.

**Aroun M.E.F., 2015.** Le complexe aphides et ennemis naturels en milieu cultivé et forestier en Algérie. Thèse de doctorat en protection des végétaux, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrache, Alger, 118p

**Baronio, P. (2011).** Les insectes des plantes forestières et urbanisées. 4p

**Belkhodja M. & Benkabilia. M., 2000.** Proline response of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Egypt. J. of Agric. Res.*, 78, (1), pp.: 185-195.

**Bagnouls, F. & Gausson, H., 1953.** "Saison sèche et indice xérothermique." Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88 (3-4), pp.: 193-239.

**Barlowc . A., 1962.** -The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphzcin euphorbiae* (Thomas) (*Apliïdidae*). *Cari. J. Zool.*, pp.: 40,145-156

**Bastos et al. et Bi et al.,2007.** *Agrobacterium*-mediated transformation of the medicinal plant *Podophyllum hexandrum* Royle., Vol: 114, pp.: 71–82

**Bedel J., 1986.** Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. Options méditerranéennes. Série Étude CIHEAM 86/1 pp.: 127-156.

**Bentouati A., Oudjehih B. & 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 pp.: 57-62.

**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.

**Belhadid Z., 2008 .,** *Distribution altitudinale des Carabes dans le parc national de Chréâ (Blida)*. Thèse de Magister de l'Institut national d'Agronomie d'El Harrach, 96p.

**Blondel J., Aronson J., Bodiou J.-Y. & Boeuf G., 2010.** The Mediterranean region: Biological diversity through time and space, 2nd edition, New York, USA.505p

**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.

**Boudy P., 1950.** Économie forestière Nord-Africaine. II: Monographie et traitement des ensembles forestiers, Ed. Paris, Larose, 887 p.

**Couhert B. & Duplat P., 1993.** Le pin d'Alep dans la région Provence Alpes Côte d'Azur. Propositions pour une sylviculture et un modèle de production. *Bull. tech.ONF*, 25 pp.: 3-22

**Coutin,R.(1995).**Les insectes du pin ,Ed. France,p16

**Chuche,J., Denis Thi´ery., 2014.** Biology and ecology of the Flavescence dor´ee vector *Scaphoideus titanus*: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences,INRA,34 (2), pp.: 381-403

**Daget P. 1977.** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio* 34 , pp: 1-20p.

**Daget P., Ahdli L. et David P., 1988.** Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. *Biocénoses*, 3 (1-2), pp.: 73-107.

**Emberger, L. (1930).** "La Végétation Méditerranéenne Essai de classification des groupements vegetaux." *Rev. Gen. De Bot* 42, pp: 611-622.

**Farjon A.K., 1996.** Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico: Speciation and palaeoendemism. *Bot. J. Linn. Soc. (London)* 121(4), pp.: 365-384.

**Faurie C., Farra C. & Medori P., 1980.** *Écologie*. Éd. Baillière J.-B., Paris, 168 p

**Franco J. C., Russo A. & Marotta S. 2011.** An annotated checklist of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Portugal, including Madeira and Azores Archipelagos. *Zootaxa* 3004, pp.: 1-32.

**Gernandt D.S., Lopez G.G., Garcia S.O., Liston A., 2005.** Phylogeny and classification of *Pinus*. *Taxon*, 54, pp.: 29-42.

**Ghazi A., 2009.** Rapport national de réflexion sur le secteur des forêts (Atténuation). *Programme des Nations Unies pour le Développement*. 21 P.

**Heyser JW, DeBruin D., Kincaid M., Johnson R.Y, Rodriguez M.M & Robinson N.J., 1989.** Characterization of L [ 513C] – proline biosynthesis in halophytic and non halophytic suspension cultures by 13 CNMR. *J. Plant Physiol.*, 135, pp.: 459-446

**Hartvigsen G., Wait D.A. et Coleman J.S. 1995,** Tri-trophic interactions influenced by resource availability: predator effects on plant performance depend on plant resources. *Oikos*, 74, pp.: 463-468

**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.

**Kadik, B. (1983).** "Etude du pin d'Alep en Algérie:Ecologie, dendrométrie, morphologie." Thèse doct. d'Etat, Fac. Aix-Marseille III, 313 p.

**Lemak . M. & Herrenh . R., 1985.** The influence of constant temperatures on population growth rates of the cassava mealybugs. *Entomol. Exp. Appl.*. 38, pp.: 165-169.

**Le rü b. & Papierokb., 1987.** Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacocciis manihoti* Matile-Ferrero (Homoptères, Pseudococcidae). Intérêt d'uneméthode simplifiée d'estimation. *Acta Geologica., Ecol. Applic*, 8, pp.: 3-14.

**Lieutier F. & Levieux J., 1985.** Les relations conifères-scolytidae. Importance et perspectives de recherches. *Ann. Sci. For.*, 42(4), pp: 359-370.

**Lieutier F., Vouland G. & Pettinetti M., 1997.** Tests de choix de pins méditerranéens par les scolytidae et autres insectes xylophages en conditions naturelles. *Revue Forestière Française* 3, pp.: 215-224.

**Loisel R., 1976.** Place et rôle des espèces du genre *Pinus* dans la végétation du sud-est méditerranéen français. *Ecologia Mediterranea*, 2, pp: 131-152.

**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, pp.: 737-747.

**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, pp.: 147-160.

**Mezali M., 2003.** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts. 9 p.

**Mezali, M., 2003.** "Forum des Nations unies sur les forêts (3e session, Genève)." Alger: Ministère de l'Agriculture et du Développement rural et Direction générale des forêts, 113p

**Montero G., Canellas I., et Ruis-peinado R., 2001.** Growth and Yield models for *Pinus halepensis* Mill. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.*, 10 (1), pp.: 24.

**Nahal I., 1962.** Le Pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*, 19, (4), pp.: 533-627.

**Naidu, B.P., D.F. Cameron Et S.V. Konduri(1998).** Improving Drought Tolerance Of Cotton By Glycine Betaine Application And Selection. *Proceedings Of The Australian Agronomy Conference*, July 20-23, 1998, The Australian Society Of Agronomy, Australia.

**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, pp.: 365-414.

**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), pp.: 49-68.

**Quezel P., Barbero M. & 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, pp.: 107-113.

**Quezel P., 1987 :** Les Pins du groupe «halepensis»: Écologie, Végétation, Écophysologie. Options Méditerranéennes. Série Étude CIHEAM 86/1, pp.: 11-24.

**Quezel P., 1986 :** Les Pins du groupe «halepensis»: Écologie, Végétation. 72p.

**Qian YL., Wilhelm S.J. & Marcum K.B., 2001.** Comparative Responses of Two Kentucky Bluegrass Cultivars to Salinity Stress. *Crop Science*, 41, pp.: 1895-1900.

**Quézel P., 2000.** Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia* ). In: Neeman G. & Trabaud L. (Eds.). Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean basin. Backhuys Publishers. Leiden, pp.: 1-12.

**Quezel P., Barbero M. & 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, pp.: 107-113.

**Quézel, P., Barbero, M., Benabid, A., Loisel, R. & S. Rivas-Martinez, (1992).** "Contribution à la connaissance des matorrals du Maroc oriental." *Phytocoenologia* 21(1- 2), pp.: 117-174.

**Quezel, P. (1980).** "L'homme et la dégradation récente des forêts au Maghreb et au proche orient." *Naturalia monspeliensia*, N° Hors Série, pp.: 147-152.

**Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. du Globe. Univ. Alger. 219 p.

**Rivas-Martinez S., 2005.** Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (memoria del mapa de vegetación de España, 2005). Parte 1. [www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org) (Versión 29/07/2005).

**Ramade F., 1984.** Éléments d'écologie – Écologie fondamentale. Éd. McGraw-Hill,

Paris, 397 p.

**Sauvion, N., Calatayud, P.-A., Thiéry, D., and Marion-Pol, F., 2013.** Interactions insectes-plantes Ed.,19p.

**Scarascia-Mugnozza G., 1986.** Recherches sur l'écophysiologie de *Pinus halepensis* Mill. (Research on the ecophysiology of *Pinus halepensis* Mill.). Options Méditerranéennes, 1, pp.: 89-97.

**Seigue A., 1985.** La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et Larose. Édition. Paris. 502 p.

**Serre F (1973).** Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de doctorat, Universit. d'Aix-Marseille III, France, 236 p.

**Singh, T.N., D. Aspinall, L.G. Paleg Et S.F. Bogges (1973).** Stress Metabolism. II. Changes In Proline Concentration In Excised Plant Tissues. Aust. J. Biol. Sci., 26, pp.: 57-63

**Souleres G., 1969.** Le pin d'Alep en Tunisie : Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest. Tunisie. Vol 2. Fasc.1,. 126 p.

**Zavala, M., Zea, E., 2004.** Mechanisms maintaining biodiversity in Mediterranean pine-oak forests: insights from a spatial simulation model. Plant Ecol. 171, pp.: 197-207.