



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Thème

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

SPECIALITE: PHYTOPHARMACIE APPLIQUEE

**Incidence quantitatives des acides aminés des aiguilles
du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Man sur les
infestations de *Dynaspidiotus regnieri* dans deux stations
du parc national de chrèa**

Présenté par: M^{elle} HAMADI Fatma Zohra

M ^{me} . BABA AISSA K.	M.A.A	U.S.D.B	Présidente
M ^r . AROUN M.E.F.	M.C.B	U.S.D.B	Promoteur
M ^r . DJAZOULI Z.E.	Pr	U.S.D.B	Co-promoteur
M ^{me} . 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, ses conseils précieux et sa disponibilité. Mes sincères remerciements.*

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

*Mes vifs remerciements s'adressent aux membres du 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 tous qui m'ont aidé pour réaliser ce travail, Mme **TAKARLI F.** 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.

Dédicaces

*À mes chers parents qui m'ont soutenu et m'ont fourni tous
Les moyens nécessaires pour réaliser ce travail.*

*À mes adorables frères Fouad, Abderraouf, Moncef,
A mes sœurs Nazîha et Insaf*

Mes cousins et mes cousines

*A l'incarnation de la diligence et du sérieux, à Mr AROUN et
Mr DJAZOULI*

*A ma sœur : ma binôme TAMINDJOUTÉ Hayet
A mes sœurs Roufaïda « Rofî »
Fati et Mimi*

*À toutes mes amies proches
Manel Bouhadja , Nîna , Mikha , Kika , Assma , Lamis , Kholoud
, Fatîma , Nabîla , yassmina , Samia , Sabrina , Somia , Nadia ,
Fatîha , Sara , Fathia , Mimi , Soso , Naçira , Mahdia , Bichou ,*

A toutes mes amies

A mes amis : Adel , Hamid , Fateh , Tifo , sohaib

A toutes mes amies

A l'équipe de Phytopharmacie Appliquée

Les étudiantes et les enseignants

Je dédie ce travail

Incidence quantitatives des acides aminés des aiguilles du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Man sur les infestations de *Dynaspidiotus regnieri* dans deux stations du parc national de chrèa

Résumé:

Le cèdre de l'Atlas occupe des surfaces d'inégales importances en Afrique du Nord (Maroc, Algérie). Cette espèce a été utilisée depuis longtemps dans quelques pays méditerranéens comme espèce de reboisement en égard à sa faculté d'adaptation dans des conditions difficiles, sa rusticité, sa résistance aux incendies et surtout à la qualité de son bois, mais qui est soumis aux attaques de nombreuses ravageurs, dont la cochenille Diaspine, *Dynaspidiotus regnieri* qui peut lui occasionner des infestations sporadiques dévastatrice. Mais, comme l'éco-biologie de cette cochenille reste peu étudiée en Europe et 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 cèdre de l'Atlas et leurs effets combinés sur les infestations de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* dans les stations de Chrèa et Béni Ali. Il ressort de cette étude que cette cochenille présente deux périodes d'infestation; 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 au niveau des deux stations sont surtout provoquées par les températures minimales dont l'effet est plus marqué sur la production des acides aminés que celle de la proline.

Mots clés: Cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri*, facteurs climatiques et physiologiques, infestation, parc national de Chrèa.

**The quantitative impact of amino acids of the needles of the Atlas cedar,
Cedrus atlantica Man On infestations of Dynaspidiotus regnieri in two
stations of the National park of chrèa**

Abstract:

The Atlas cedar occupies the surfaces of unequal magnitudes in North Africa (Morocco, Algeria). This species has been used for a long time in some Mediterranean countries as a species reforestation in regard to its faculty of adaptation in difficult conditions, its hardiness, its resistance to fire and primarily to the quality of its wood, but which is subject to the attacks of many pests, including the cochineal Diaspine, *Dynaspidiotus regnieri* which can cause him of sporadic infestations devastating. But, as the Eco-biology of this cochineal remains little studied in Europe and 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 needles of Atlas cedar and their combined effects on the infestations of the cochineal *Dynaspidiotus regnieri* in the Stations of Chrèa and Blessed 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 the pre-nymphs, nymphs and will keep the females. The effect of interactions in the physicochemical factors and climate change shows that the infestations at the level of the two stations are 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: Atlas cedar, *Dynaspidiotus regnieri*, climatic factors and physiological, infestation, National Park Chrèa.

التأثير الكمي للأحماض الأمينية لإبر الأرز الأطلسي على الإصابات ب *Dynaspidiotus regnieri* على مستوى موقعين للحظيرة الوطنية للشريعة

الملخص

يحتل أرز الأطلس أسطح ذات أهمية غير متكافئة في شمال أفريقيا (المغرب والجزائر). وقد استخدم هذا النوع لفترة طويلة في بعض بلدان البحر الأبيض المتوسط في ضوء قابليتها للتكيف في ظل ظروف صعبة، وشفافيتها، ومقاومة الحرائق، وقبل كل شيء لنوعية خشبها، ولكنها عرضة للهجمات العديد من الآفات، بما في ذلك *Diaspine*، *Dynaspidiotus regnieri*، والتي يمكن أن تسبب ذلك تفشي إصابات مدمرة. و بما أن البيولوجيا الإيكولوجية لهذا النوع الحيواني لا تزال تدرس قليلا في أوروبا وغير مدروسة في الجزائر نفذنا هذا العمل من أجل إظهار تأثير العوامل المناخية وتفاعلاتها مع العوامل الفيزيائية والكيميائية (محتوى الماء والأحماض الأمينية وال *proline*) لإبر أرز أطلس وأثارها المشتركة على الإصابات بسبب *Dynaspidiotus regnieri* في المواقع الدراسة في بني علي وشريعة. وتظهر هذه الدراسة أن هذا النوع له فترتين من الإصابة. الأولى خريف شتاء يغلب فيها عدد يرقات المرحلة 1 والفترة الثانية التي تبرز فيها يرقات المرحلة الثانية، والحوريات والحوريات السابقة وتحفظ الإناث. تأثير التفاعل بين العوامل الفيزيائية والمناخية يدل على أن الإصابات في بني علي و شريعة هي أساسا بسبب الحد الأدنى من درجات الحرارة التي تؤثر على إنتاج الأحماض الأمينية أكثر من تأثيرها على إنتاج *proline*.

الكلمات الرئيسية: الأرز الأطلسي ، *Dynaspidiotus regnieri*، العوامل المناخية والفيزيولوجية، الإصابة، الحظيرة وطنية للشريعة.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

Résumé

Abstract

الملخص

INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> M.) dans le monde et en Algérie:.....	2
Introduction	2
1.1. Systématique et description:.....	2
1.2. Bio-écologie	3
1.2.1 .Biologie:.....	3
1.2.1.1. Cycle de reproduction.....	3
1.2.1.2. Longévité.....	4
1.2.2. Ecologie.....	4
1.2.2.1. Répartition.....	4
• Aire naturelle.....	5
• Aire d'introduction.....	5
1.2.2.2. Climat.....	5
• Pluviométrie.....	6
• Température.....	6
• Etages bioclimatiques:	6

1.2.2.3. Les différents ravageurs:.....	6
• Les phylophages:.....	7
• Les xylophages:.....	8
• Insectes des fleurs et des graines:.....	8
• Les opophages.....	9
2. <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	10
2.1. Origine.....	10
2.2. Systématique et description:.....	10
2.3. Biologie:.....	11
2.4. La nuisibilité de <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	12
3. Relation nutritionnelle	13
3.1. Le régime phytophage.....	13
3.1.1. Besoins nutritifs des insectes.....	13
3.1.1.1. Les protéines et les acides aminés.....	14
CHAPITRE II: Matériel et méthodes.....	
Objectif.....	15
1. Présentation des stations	15
1.1. Station de Chrèa.....	15
1.2. Station de Béni Ali.....	16
1.3. Caractéristiques climatiques de la région.....	17
2. Matériels utilisés.....	18
1.1. Matériel biologique végétal: <i>Cedrus atlantica</i>	18
1.2. Matériel biologique animal: <i>Dynaspidiotus regnerie</i>	18
3. Méthodologie de travail	19

3.1. Dans le terrain:.....	19
3.2. Au laboratoire:.....	19
3.3. Méthodes d'échantillonnage:.....	19
3.3.1. Dénombrement des populations.....	19
3.3.2. Analyse physico-chimique	20
3.3.2.1. Teneur en eau:.....	20
3.3.2.2. Extraction des acides aminés solubles et de la proline.....	20
3.3.2.3. Dosage des acides aminés solubles.....	20
3.3.2.4. Dosage proline:.....	20
3.3.3. Exploitation des résultats.....	21
3.3.3.1. Variations temporelles des populations.....	21
3.3.3.2. Variations temporelles des paramètres physico-chimiques	21
3.3.3.3. Analyses statistiques.....	21
3.3.3.3.1. Analyses multi variées (PAST vers. 1.37, Hammer et <i>al.</i> 2001).....	21
3.3.3.3.2. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11;Hammer et <i>al.</i> , 2001).....	21
CHAPITRE III: Résultats et interprétation.....	
1. Résultats.....	22
1.1. Dynamique des populations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	22
1.1.1. Station Beni Ali.....	22
1.1.1.1. Evolution temporelle des populations par exposition Nord et sud.....	22
1.1.1.2. Répartition temporelle de différents stades <i>D. regnieri</i> par exposition Nord et Sud.....	23

1.1.2. Station Chrèa.....	24
1.1.2.1. Evolution temporelle des populations par exposition Nord et sud.....	24
1.1.2.2. Répartition temporelle de différentes formes de <i>D.regnieri</i> par exposition Nord et Sud.....	25
1.1.3. Evolution temporelle des populations globale et stade par station.....	26
1.2. Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par station et exposition des aiguilles.....	26
1.2.1 Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par exposition dans la station de Béni Ali.....	26
1.2.1.1. Évolution temporelle de la quantité des Acides Aminés et de la Proline dans la station de Beni Ali	27
1.2.1.2. Évolution temporelle de la quantité des Acides Aminés et de la Proline par exposition dans la station de Beni Ali.....	27
1.2.2. Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par exposition dans la station de Chrèa.....	28
1.2.2.1. Évolution temporelle de la quantité des Acides Aminés et de la Proline dans la station de Chrèa.....	28
1.2.2.2. Évolution temporelle de la quantité des Acides Aminés et de la Proline par exposition dans la station de Chrèa..	29
1.2.3. Évolution temporelle comparée entre Béni Ali et Chrèa.....	29
1.3. Effet des facteurs climatiques (température et HR%) et physiologique (Acides aminés, proline, eau) sur les infestations de <i>D.regnieri</i>	30
1.3.1. Par station:.....	30
1.3.1.1: Béni Ali.....	30

1.3.1.2:Chrèa.....	31
1.3.2: Effet comparé entre les deux stations.....	32
2. Discussion	34
2.1. Dynamique des populations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> :.....	34
2.2. Effets des facteurs climatiques (T° max., et min. et l'humidité relative de l'air) et des facteurs physicochimique (acides aminées, proline, teneur en eau) sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	35
CONCLUSION	
Référence bibliographique	

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
AABA	Acides aminé Béni Ali
AAC	Acide Aminé Chrèa
AFC	analyse factorielle des correspondances
al	collaborateurs
B/A	Béni Ali
°C	Celsius
cm	centimètre
<i>D.regnieri</i>	<i>Dynaspidiotus regnieri</i>
Fem	femelle
Fig	figure
g	gramme
ha	hectare
INFBA	Infestation Béni Ali
INFC	Infestation Chrèa
km	kilomètre
L₁	premier stade larvaire
L₂	deuxième stade larvaire
ml	millilitre
mm/an	millimètre par an
mn	minute
mol	mole
N°	numéro
Nym	nymphé
N	Nord
P	probabilité
PROBA	Proline Béni Ali
PROC	Proline Chrèa
Sp	espèce
S	Sud

T	temps
Tab	tableau
TEBA	Teneur en eau Béni Ali
TEC	Teneur en eau Chrèa
T° max	Température maximale
T° min	Température minimale
°	Degré
%	pourcentage

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractères botaniques et biologiques de <i>Cedrus atlantica</i>	3
Tableau 2: interaction des facteurs climatiques (T°C, H.R.) et physiologiques (acides aminés, Proline, eau) sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> selon les expositions dans la station de Beni Ali.....	31
Tableau 3: interaction des facteurs climatiques (T°, HR) et physiologique (Acides Aminés, Proline, eau) sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> selon les expositions dans la station de Chréa	32
Tableau 4: interaction des facteurs climatiques (T°C, H.R.) et physiologiques (acides aminés, Proline, eau) sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> entre les deux stations	33

Liste des figures

Figure 1: cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas.....	4
Figure 6: Colonie de <i>Dynaspidiotus. regnieri</i> sur aiguilles de Cèdre	10
Figure 7: Caractères morphologiques d'identification de <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	11
Figure 8: Schéma du cycle biologique de <i>Dynaspidiotus regnieri</i>	12
Figure 9: Carte de localisation régionale du Parc national de Chrèa	15
Figure 10: Exposition de <i>Cedrus atlantica</i> sur le versant Nord (A) et versant Sud (B) de la station d'étude Chrèa	16
Figure 11: Localisation de la station Ben Ali.....	17
Figure 12: le cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> Men).....	18
Figure 13: La cochenille du cèdre <i>Dynaspidiotus regnerie</i>	19
Figure 14: Schéma récapitulatif de la méthodologie de travail.....	22
Figure 15: évolution temporelle comparée des populations globale et par stade par exposition nord (a) et sud (b).....	23
Figure 16: Répartition comparée des différents stades de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> sur l'exposition Nord (a)et sud (b) au niveau de la station de Béni Ali.....	24
Figure 17: Evolution temporelle des populations par exposition (a) Nord (b) Sud.....	25
Figure 18: Répartition comparée des différents stades de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> sur l'exposition Nord (a)et sud (b) au niveau de la station de Chrèa....	26

Figure 19: évolution temporelle des populations globales et des différents stades de la cochenille du cèdre <i>Dynaspidotus regnieri</i> à Beni Ali (a) et à Chrèa (b).....	27
Figure 20: Évolution temporelle de la quantité des Acides Aminés et de la proline dans la station de Beni Ali	28
Figure 21: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la proline par exposition dans la station de Beni Ali	29
Figure 22: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la proline dans la station de Chrèa.....	29
Figure 23: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la proline par exposition dans la station de Chrèa.....	30
Figure 24: Évolution temporelle comparée de la quantité des acides aminés et de la proline entre station de Chrèa.....	31

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Les forêts renferment de nombreuses espèces d'insectes d'une étonnante diversité du point de vue biologique et qui jouent un rôle primordial dans le fonctionnement des écosystèmes. C'est un monde extrêmement vivant. Grâce à des mécanismes remarquables dont le plus fondamental, et encore l'un des plus mystérieux.

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence des montagnes d'Afrique du nord (Algérie et Maroc) qui suscite un intérêt grandissant pour ses nombreuses qualités forestières et ornementales: faible inflammabilité, rusticité, richesse écologique, bois de qualité supérieure à celle des pins méditerranéens, port remarquable et esthétique, attrait touristique en forêt de plaisance, **(Toth, 1980; Barriteau et Ferrandes, 1990).**

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 exposé à différents fléaux, en particulier les incendies et les attaques des insectes. Ces derniers sont représentés par des xylophages, des phylophages et des suceurs de sève, entre autres la cochenille des aiguilles, *Dynaspidiotus regnieri* dont la bio-écologie 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 de *Dynaspidiotus regnieri*, ainsi que de mettre en évidence leurs éventuelles interactions avec les facteurs climatiques, leur incidence sur quelques paramètres physiologiques des aiguilles des rameaux, selon les expositions Nord et Sud que ce travail a été mené et organisé en trois chapitre;

1. un premier chapitre portant sur la présentation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) et de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri*.
2. un deuxième chapitre: matériel et méthodes
3. un troisième chapitre: résultats et discussion

CHAPITRE I: PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: Présentation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) et de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* Manetti ,1927

1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le monde et en Algérie:

Introduction :

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence des montagnes d'Afrique du nord (Algérie et Maroc) qui suscite un intérêt grandissant pour leurs nombreuses qualités forestières et ornementales: faible inflammabilité, rusticité, richesse écologique, bois de qualité supérieure à celle des pins méditerranéens, qui présentent un port remarquable, esthétique et un attrait touristique en forêt de plaisance, (Thot, 1980; Barriteau et Ferrandes, 1990). Il constitue indiscutablement l'essence noble des forêts algériennes, pour ses intérêts économiques et écologiques.

1.1. Systématique et description:

Le Cèdre de l'Atlas a pour noms berbères Inguel ou Avaoual et pour noms arabes, Elarz ou Elmedad. Cette dernière appellation arabe viendrait du fait que les branches de l'espèce plient sous le poids de la neige au lieu de se casser (Benabid, 1994).

Link (1841, in Krouche 2010) classe le genre *Cedrus* parmi l'embranchement des Spermaphytes, le sous Embranchement des Gymnospermes, la classe des Vectrices, l'ordre des Coniférales, la Famille des Pinacées et la sous famille des Abiétées.

Bien que sa valeur taxonomique exacte soit controversée, certains auteurs comme Holmbe en 1931, Maire en 1952 et Davis en 1952 cités par Quezel (1980) ont intégré ce taxon dans une seule espèce: *Cedrus libanotica* Link. Cependant, d'autres auteurs tels que Quezel (1980), Barriteau et Ferrandes (1992) classent ce taxon en 4 espèces montagnardes dont trois méditerranéennes: le Cèdre de l'Atlas ou *Cedrus atlantica* Manetti (Maroc et Algérie); le Cèdre du Liban ou *Cedrus libani* A. Rich (Liban, Syrie et Turquie); le Cèdre de Chypre ou *Cedrus brevifolia* Henry (Chypre) et une espèce himalayenne, le Cèdre de l'Himalaya ou *Cedrus deodara* G. Don (Inde et Afghanistan).

Des études récentes utilisant des marqueurs biochimiques (les iso-enzymes), montrent que le cèdre de l'Atlas et le Cèdre du Liban sont proches et peu

différenciés l'un de l'autre, mais se distinguent clairement du Cèdre de l'Himalaya et celui de Chypre. Il se distingue des autres espèces par les caractères botaniques et biologiques signalés par **Farjon (1990) et Toth (2005)** et qui sont reportés dans le tableau 01

Tableau 01: Caractères botaniques et biologiques de *Cedrus atlantica* (Farjon, 1990 et Toth 2005 in Krouche 2010)

Espèce	<i>Cedrus atlantica</i>
Taille des aiguilles (cm)	1 à 2,5
Longueur du cône (cm)	5 à 8
Diamètre (cm)	3 à 5
Graine longueur (cm)	0,8 à 1,3
Envergure (cm)	2,5 à 3,5
Epoque de pollinisation	mi-septembre
Durée de maturité	2 ans

1.2. Bio-écologie:

1.2.1 .Biologie:

1.2.1.1. Cycle de reproduction:

Le cycle de reproduction du Cèdre de l'Atlas (Fig. 1) a été décrit en détail par Toth (1978) au niveau de la cédraie artificielle du sud de la France et confirmé en Algérie par **Derridj (1990)** au niveau de l'aire naturelle de l'espèce. **Krouchi en 1995**, a montré que le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas dure deux ans. Il commence par une initialisation florale durant l'été de l'année (N), une pollinisation en automne de la même année (N). Après la dormance hivernale survient la fécondation durant l'année (N+1) qui s'accompagne d'une augmentation du poids du conelet fécondé, qui acquiert sa maturité morphologique à la fin septembre de l'année (N+1). Quant à sa maturité physiologique, il ne va l'acquérir que tard durant la deuxième année (N+2). Les graines dispersées en automne séjournent au sol durant l'hiver et peuvent être recouvertes d'une couche de neige qui leur assure une sorte de stratification au froid humide pour la germination au cour du printemps suivant.

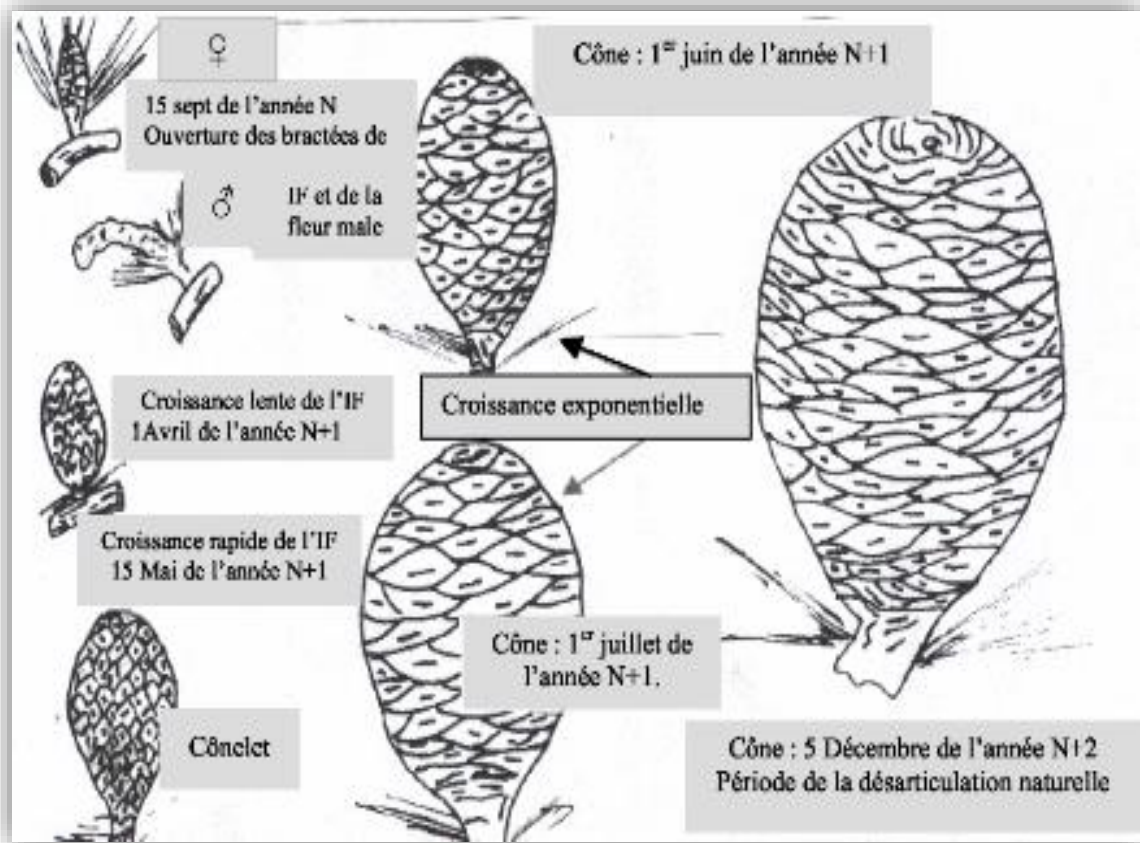


Figure 1: cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Anonyme, 2017)

1.2.1.2. Longévité

Elle est remarquable et sa limite supérieure n'a pas encore été arrêtée. Elle dépasse certainement 600 à 700 ans, et peut même atteindre et dépasser 1000 ans et plus. Il donne des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (Boudy, 1952 in Derridj, 1990).

1.2.2. Ecologie

1.2.2.1. Répartition

Aussenac et Guehl (1990) soulignent que le cèdre dans son aire d'origine pousse à des altitudes variant de 1400 à 2200 mètres. Ses limites supérieures et inférieures diffèrent d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions climatiques du relief. Ainsi, en Algérie le cèdre occupe partout les sommets des montagnes (Derridj, 1990). Il s'installe sur les versants nord, d'une façon générale, à 1400 mètres bien qu'il peut descendre encore plus bas à la faveur de conditions microclimatiques particulières (Emberger, 1938; Abdessemed, 1982).

- **Aire naturelle:**

Le cèdre de l'Atlas est localisé sur les montagnes du Maghreb; le Maroc détient à lui seul la plus grande surface, répartie sur deux blocs d'inégale importance, le premier dans le moyen Atlas et le grand Atlas oriental (116 000 ha). Le second dans le rif occidental central avec une superficie d'environ 16 000ha **(M'hirit, 1982)**.

En Algérie, les massifs cédraies sont dispersées et beaucoup plus réduits qu'au Maroc. Le cèdre occupe une surface d'environ 30 000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente: le premier est localisé sur les montagnes littorales bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, Atlas Blidéen, Ouarsenis). Ce sont les cédraies humides. Le second ensemble est le plus important du point de vue superficie, il occupe les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien. Ce sont les cédraies sèches **(Nedjahi, 1988)**

- **Aire d'introduction:**

Le cèdre de l'Atlas à été introduit hors de son aire naturelle dans divers pays. En France, il a été introduit avec succès dans le mont ventoux où il prospère bien et régénéré facilement **(Toth, 1980)**. Après le succès de cette introduction, l'espèce est abondamment utilisée dans les reboisements en zone méditerranéenne française dans l'étage du chêne pubescent **(Toth, 1980; Ferrandes, 1986)**.

Des études sur l'adaptation, la croissance et la productivité de l'espèce ont été engagées dans le cadre du programme d'amélioration des cèdres en France **(Bariteau et Ferrandes, 1990)**. Des recherches ont été réalisées sur la régénération, la croissance, la production, l'effet de l'intensité des éclaircies, en Italie **(Morandini et Mercurio, 1990)** et dans d'autres pays (Russie, Crimée, Caucase, Etats-Unis **(M'hirit, 1982)**).

1.2.2.2. Climat:

La répartition des pluies est irrégulière, de sorte que la saison la plus arrosée est l'hiver et la plus sèche est l'été, pour les forêts de cèdre du pourtour méditerranéen qui subissent un climat caractérisé par une sécheresse estivale de 1 à 3 mois **(Quezel, 1976)**.

- **Pluviométrie:**

Le cèdre reçoit dans ses pays d'origine des lames de pluies annuelles comprises entre 400 et 1500 mm (**Putod, 1979**). En Algérie, les cédraies reçoivent une tranche pluviométrique variant de 500 mm à 1400 mm environ (**Toth, 1980; Halimi, 1980**). Selon **Benabid (1994)**, cette dernière est largement dépassée, elle atteint 2000 mm au Maroc. Dans les cédraies sèches (Aurès, Belezma, Hodna) Le **Houerou (1975)** donne 600 mm de précipitation comme limite inférieure.

- **Température:**

Le cèdre croit sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14 °C (**Boudy, 1950 et Pujos, 1964 in Derridj, 1990; Toth, 1980**). Les valeurs estimées par Derridj (1990) sur l'ensemble des cédraies algériennes s'écartent dans cet intervalle.

Le cèdre résiste à -25°C en atmosphère sèche (**Gausse, 1967**). Il vit dans ses pays d'origine avec des extrêmes absolus de -25°C à +35°C (**Putod, 1979**).

- **Etages bioclimatiques:**

La classification d'Emberger précise que le cèdre de l'Atlas occupe diverses étages bioclimatiques: les étages semi-aride à hiver froid et humide, subhumide à hiver froid, humide à hiver froid et humide et humide à hiver frais (**Aussenac, 1984 in Khanfouci, 2005**).

En Algérie **Medour (1994)** souligne que les cédraies septentrionales de l'Atlas blidéen, du Djurdjura et du massif de Babors sont soumises à un bioclimat humide, variante fraîche voire per-humide. Tandis que la majorité des cédraies méridionales telles que celles de l'Aurès, du Belezma et du Hodna sont soumises aux bioclimats subhumide froid et très froid (**M'hirit, 1982**).

1.2.2.3. Les différents ravageurs:

Le cèdre de l'Atlas est sujet aux attaques d'insectes ravageurs, dans un bon nombre est capable de coloniser plusieurs hôtes (**Fabre et al., 1999**). On peut les classer en trois catégories les insectes phylophages, les insectes xylophages et les insectes des fleurs et des graines (**Mouna, 1994**).

- **Les phylophages:**

Les phylophages ou les défoliateurs forment une guildes importante de l'écosystème forestier. Ce sont en effet des ravageurs primaires. Ils attaquent les arbres sains et vigoureux, préparant le chemin aux ravageurs secondaires qui profitent de leur faiblesse et achèvent l'arbre. Ils sont souvent monophages et attaquent un organe particulier (feuilles, bourgeons, jeunes pousses...) qui doit être plus ou moins âgé, souple ou bien positionné dans l'arbre (**Mouna et Fabre, 2005**). Les espèces les plus communes citées sont les processionnaires *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Lepidoptera, Thaumetopoeidae), dont les attaques se traduisent par une défoliation partielle ou parfois totale entraînant de graves dégâts (**Théry, 1928**). Les Tordeuses *Acleris undulana* Helsingam et *Epinotia cedricida* Diakonoff (Lepidoptera, Tortricidae) ont été signalées sur *Cedrus atlantica* en Afrique du Nord. *Acleris undulana* se trouve dans les cédraies atlasiques marocaines; encore absent dans le Rif et en Algérie (**Fabre et Mouna, 1983 in Mouna, 2001**). *Epinotia cedricida* a été trouvée et décrite pour la première fois en France dans la cédraie artificielle du Massif du Luberon par Diakonoff en 1969. De nombreuses années après, cette espèce a été retrouvée en Afrique du Nord (**Fabre et al., 1999 in Mouna, 2001**).



**Figure 2: Insectes phylophages (les processionnaires)
(Anonyme, 2017)**

- **Les xylophages:**

Phaenops marmottani (Coleoptera Buprestidae) est une espèce a toujours été prélevé en petit nombre et n'avait, par conséquent, jamais attiré l'attention ni des entomologistes, ni des forestiers jusqu'à nos jours, d'où sa biologie très mal connue en dépit de sa description déjà ancienne, alors que dans le cas présent de dépérissement du cèdre dans le Moyen Atlas, il semble qu'il est un ravageur primaire redoutable **Mouna et Fabre (2005)**.

. Les bois morts récemment, plutôt situés à la lumière, sont ainsi colonisés par des xylophages pionniers souvent thermophiles, tandis que les bois morts décomposés, souvent à l'ombre abritent des saproxylophages souvent sciaphiles. La composition du cortège saproxylique est ainsi fonction de l'exposition et de l'âge du bois mort (**Fabre, 1988**).



**Figure3: Insectes xylophages *Hylotrupe bajulus*(L.1758)
(Anonyme, 2017)**

- **Insectes des fleurs et des graines:**

Parmi les Lépidoptères des cônes, il est cité deux Pyralidae par **Mouna (1994)** et **Mouna et Fabre (2005)**: *Dioryctria peyerimhoffi* Dejonnis, signalé sur les fleurs mâles du cèdre au Maroc et en Algérie (Aurès et Blida), et *Dioryctria peltieri* Dejonnis. En ce qui concerne les Hyménoptères des cônes, deux espèces

appartenant à la famille des Torymidae sont citées dans la bibliographie : *Megastigmus pinsapinis* Pintureau et Fabre, existe au Maroc dans le Rif, en Algérie dans l'Atlas Blidéen à Chréa et dans le Massif des Aurès (**Fabre, 1994; Mouna, 1994**).



Figure 4: Insectes des fleurs et des graines (Torymidae)

(Anonyme, 2017)

- **Les opophages**

Les Hémiptères sont représentés par les deux Aphididae, Lachninae; *Cedrobium laportei* Remaudiere qui infeste *Cedrus atlantica* et *C. deodara*. Alors que *Cinara cedri* Mimeur, infeste spontanément quatre espèces de cèdre (Fabre, 1988). En Algérie, ces deux espèces sont signalées sur *Cedrus atlantica* à Chrèa et Hakou Ferraoun (**Aroun, 2015**).

Ces insectes semblent ne pas constituer un danger pour les cédraies naturelles. Alors qu'ils sont à l'origine de graves dégâts dans les peuplements artificiels en France, où *Cedrobium laportei* a provoqué la mortalité de 10% des cèdres dans certains endroits (**El youssfi, 1994**).

En plus des aphides, les cochenilles *Dynaspidiotus regnieri*, *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. (probablement *C. hesperidum*) sont signalées sur le cèdre de l'Atlas par **Del Estal et al. (1994)**.



**Figure 5 Insectes opophages (les pucerons)
(Anonyme, 2017)**

2. *Dynaspidiotus regnieri*

2.1. Origine

D. regnieri a été décrite sur *Cedrus atlantica* dans la cédraie d'Azrou au Maroc en 1926. Jusqu'à 1927, sa distribution se limitait à trois pays, le Maroc, l'Algérie où elle a été observée à Chréa par Balakchowsky en 1928. Ainsi qu'en Espagne, où elle a été détectée en 1983 dans des jardins de Ségovie, où elle peut coexister avec *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. (probablement *C. hesperidum*) (Del Estal et al., 1994).



**Figure 6: Colonie de *Dynaspidiotus. regnieri* sur aiguilles de Cèdre
(Bossuet, 2012)**

2.2. Systématique et description:

Le bouclier de la femelle dont la taille varie de 2,4 à 2,6 mm, est de forme ovale, allongé, tronqué aux extrémités fortement convexes, rétréci latéralement, d'un blanc pur et soyeux avec l'exuvie larvaire centrale jaune dorée. L'identification spécifique n'est assurée que par l'observation de jeunes femelles, de forme ovale allongée, aux téguments céphalothoraciques non encore épaissis. Le pygidium est pourvu de trois paires de palettes de tailles sensiblement identiques (**Balachowsky ,1948**).

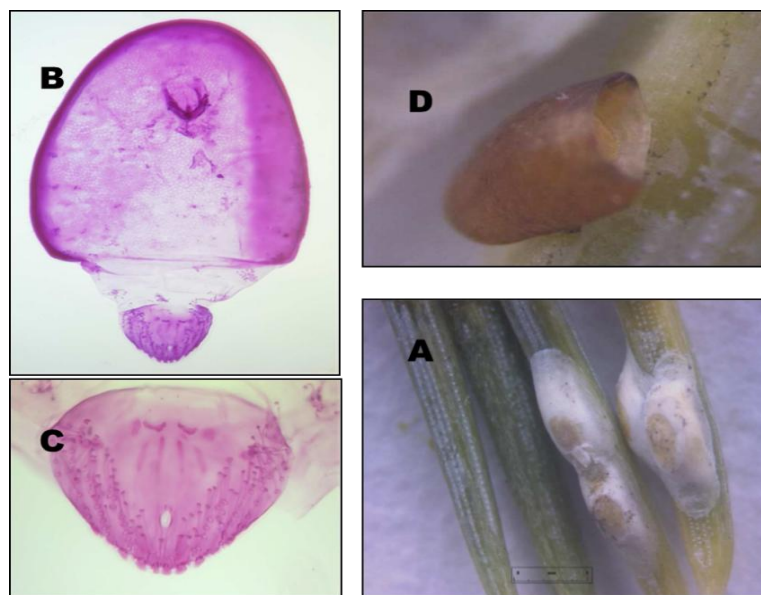


Figure 7: Caractères morphologiques d'identification de *Dynaspidiotus regnieri*. (Bossuet, 2012).

A: Boucliers de cochenille de *D.regnieri* sur aiguilles de cèdre; **B:** corps d'une jeune femelle adulte; **C:** Pygidium femelle, **D:** corps d'une femelle sclérifié.

2.3. Biologie:

D. regnieri est une espèce univoltine. Les femelles adultes fécondées (aux téguments très sclérifiés) sont présentes sur les aiguilles de cèdre tout au long de l'année et constitue la forme de résistance à l'hiver. Les larves de stade 1, qui sont mobiles, constituent la forme de dispersion de l'espèce, elles apparaissent début juin. Elles sont présentes jusqu'en septembre avec un maximum en juin ou juillet suivant les stations étudiées. Ces larves se fixent rapidement. Les larves de stade 2 peuvent être présentes jusqu'à mi-octobre. Les jeunes femelles adultes sont présentes de mi-juillet à novembre. Selon les conditions climatiques, on peut

observer des mâles aux stades pré-pupe, pupe et adulte durant une partie de l'hiver en faible proportion mais aucun ne survit jusqu'au printemps, la majorité d'entre eux n'est présente que de début juillet à fin août. (Derridj, 1990).

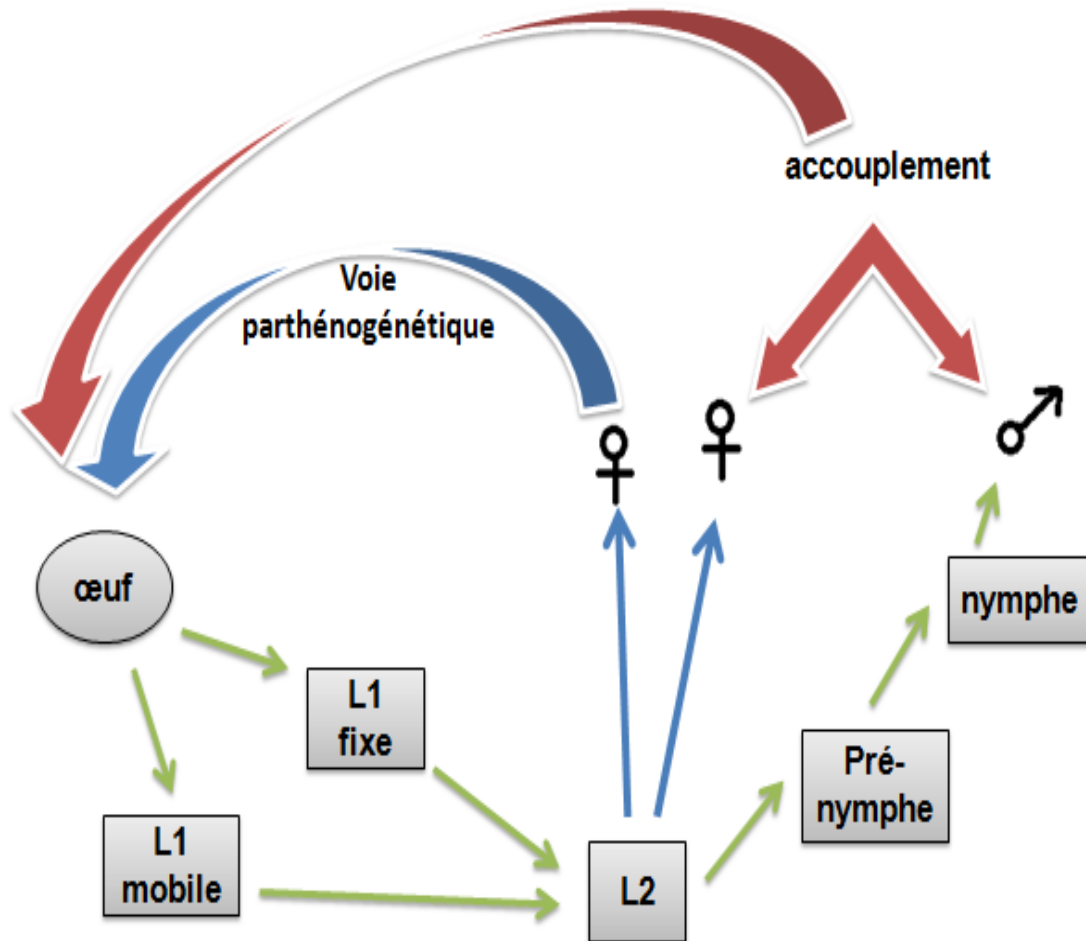


Figure 8: Schéma du cycle biologique de *Dynaspidotus regnieri*

L1: larve de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade

2.4. La nuisibilité de *Dynaspidotus regnieri*.

La cochenille *Dynaspidotus regnieri* est rapportée comme un ravageur du cèdre uniquement en Espagne (Del Estal *et al.*, 1994). Dans les jardins où elle a été détectée, elle a pu entraîner la mortalité de quelques cèdres, contrairement aux deux autres cochenilles *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. qui n'avaient jamais causé de tels dégâts. Nous ne disposons d'aucune information quant à la situation actuelle au Maghreb. Dans les années cinquante, Balachowsky écrivait que l'espèce était présente dans tous les peuplements en Algérie et au Maroc,

mais toujours en faible abondance, alors que *Chionaspis kabyliensis* présentait généralement des colonies importantes (**Balachowsky, 1954**).

3. Relation nutritionnelle

Les interactions entre les plantes et les insectes phytophages reposent sur trois niveaux trophiques et sont régies par un grand nombre de stimuli chimiques impliquant les métabolites primaires et secondaires de défense des plantes hôtes, les phéromones d'agrégation sexuelles et d'alarme des ravageurs et de leurs auxiliaires parasitoïdes et prédateurs qui recherchent leurs proies pour se développer et survivre. (**Petersen et Hunter, 2002**).

3.1. Le régime phytophage:

Les stratégies d'acquisition et d'allocation des ressources alimentaires influencent de façon importante la fitness des insectes en jouant sur leur développement, leur fertilité, leur fécondité et leur comportement (**Sauvion et al., 2013**) (**Slansky et Rodriguez, 1987**). La majorité des espèces montre ainsi un degré important de spécificité dans le choix de la prise alimentaire en se développant sur des végétaux avec lesquels ils se sont adaptés, notamment en surmontant les défenses chimiques et physiques des plantes (**Sauvion et al., 2013**) (**Chapman et Blaney, 1979**) et sur les 25 taxons d'arthropodes terrestres, seulement 10 d'entre eux ont évolué vers la phytophagie partielle ou complète (**Chapman et Blaney, 1979**). La proportion des différents acides aminés varie grandement entre les tissus des insectes et ceux des plantes alors que ces dernières sont plus pauvres en éléments azotés et en lipides. Cette différence entre les insectes et leur ressource alimentaire se reflète dans la faible biomasse assimilée et efficacement transformée en tissus de croissance. Malgré l'obstacle évident que représente la déficience en azote, les insectes ont développé une série de comportements et d'adaptations physiologiques pour augmenter au maximum l'assimilation de matières provenant des plantes (**Strong et al., 1994**).

3.1.1. Besoins nutritifs des insectes:

La généralisation des besoins en éléments nutritifs est complexe en raison de la présence d'éventuels symbiotes capables de produire des éléments essentiels. De plus, chez les hétérométaboles, les exigences nutritives sont

quasiment identiques chez la larve et l'adulte, alors qu'elles s'avèrent souvent totalement différentes chez les holométaboles. **(Sauvion et al., 2013)**.

3.1.1.1. Les protéines et les acides aminés:

Les protéines ingérées par les insectes sont hydrolysées en petits peptides et en acides aminés par des enzymes protéolytiques dans le tube digestif et puis dans les cellules. Les petits peptides et les acides aminés importants pour la formation de glucose et la production d'énergie (sous forme d'ATP) *via* le cycle de Krebs **(Corrigan et Srinivasan, 1966) (Hahn, 2005)**, sont généralement absorbés passivement à travers l'épithélium intestinal en présence de NaCl et de KCl qui stimulent la prise alimentaire de tyrosine et de méthionine. **(Wolfersberger, 2000)**.

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 Cèdre de l'Atlas et leur effet sur la dynamique saisonnière des populations de la cochenille *Dynaspidiotus regnerie* sur des plants à exposition Nord et Sud dans les régions de Chrèa et Beni Ali.

1. Présentation des stations

1.1. Station de Chrèa

Cette station est à une altitude de 1500 mètres dans le Parc National de Chrèa (**Fig. 9**), situé au cœur de l'Atlas Blidéen, Il s'étend sur une superficie de 26.600 ha, non comprise la zone périphérique s'étalant sur 10.300 ha, à une Latitude de 36° 21' Nord et une Longitude de 2 45' Est .Elle se caractérise en particulier par sa Cédraie (**Fig. 10 A, B**) la plus septentrionale au niveau national et qui occupe une superficie de 1200 hectares. Le cortège de l'association Cedratum est constitué par le chêne vert (*Quercus ilex*), l'if commun (*Taxus baccata*) et le houx (*Ilex aquifolium*), l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), Le chêne faginé ou zeen (*Quercus faginea*), le chèvrefeuille (*Lonicera arborea*), le sorbier (*Sorbus aria*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le lierre grimpant (*Hedera helix*), le laurier-tin (*Viburnum tinus*), l'azarolier ou Épine d'Espagne (*Crataegus azarolus*), le daphné lauréole (*Daphne laureola*) et le nerprun (*Rhamnus alpina*) (**Aroun, 2015**).



Figure 9: Carte de localisation régionale du Parc national de Chrèa (Google earth, 2015)



Figure 10: Exposition de *Cedrus atlantica* sur le versant Nord (A) et versant Sud (B) de la station d'étude Chréa (Originale, 2017)

1.2. Station de Béni Ali

La zone de Ben Ali occupant une superficie de 500 hectares, à une altitude comprise entre 659 et 1197 mètres (Yettou, 1988), est localisée à $2^{\circ} 25'$ de Longitude Est et $36^{\circ} 27'$ de Latitude Nord (Seltzer, 1946), sur le versant septentrional de l'Atlas blideen, au niveau du bassin versant de Sidi El Kebir. Le transect végétal établi sur une superficie homogène de 500 m² fait ressortir que la végétation est représentée des plants de semis de cèdre 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'églaïtier 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 11: Localisation de la station Ben Ali (Belhadid, 2008)

1.3. Caractéristiques climatiques de la région

Le climat se caractérise par des températures moyennes annuelles comprises entre les isothermes 8 et 11°C. Les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Les températures moyennes minimales mensuelles se situent en janvier, alors que les températures les plus basses (3°C) sont enregistrées à Chréa.

Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre les isohyètes 760 et 1400 mm/an.

Dans l'ensemble, les moyennes mensuelles annuelles sont plus importantes dans les stations situées sur le versant Nord-Ouest que dans les stations situées sur le versant Sud-Est. Les stations les plus arrosées font face aux vents humides venant du Nord Ouest.

La neige atteint une couche moyenne de 15 à 20 cm, parfois 50 cm. Les moyennes annuelles des jours d'enneigement dans le Parc national de Chréa, atteignent la fréquence moyenne de 26 jours à Chréa, et de 20,2 jours au lac de Mouzaia.

Les gelées se manifestent surtout en Septembre. Elles apparaissent en automne et disparaissent au début du printemps (fin Mars et début Avril). Le risque de gelées commence lorsque le minimum moyen tombe au dessous de 10 °C. La

grêle tombe durant presque toute la période allant de Décembre à Mars (Lac de Mouzaia, Hakou Ferraoun, Médéa).

Le brouillard est relativement fréquent dans les parties hautes du Parc national qui sont souvent plongées dans les nuages. Les observations faites sur une dizaine d'années sur le col de Chréa, ont donné 104 jours/an de brouillard.

Les vents prédominant sont du Nord-Ouest. Le sirocco se manifeste un à trois jours/an (**Anonyme, 2003**).

2. Matériel

2.1. Matériel biologique végétal (*Cedrus atlantica*):

Les plants de Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Men (**Fig. 12**) sur lesquels nous avons réalisé le suivi des variations saisonnières de la cochenille des aiguilles *Dynaspidiotus regnerie* et de la teneur en eau, acides aminés et proline sont âgés d'environ 10 à 15 années et d'une hauteur de 1 mètre 50 à 2 mètres 50.



**Figure 12: le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Men)
(Originale, 2017)**

2.2. Matériel biologique animal (*Dynaspidiotus regnerie*):

La cochenille *Dynaspidiotus regnerie* est une Diaspididae opophage reconnu pour ses infestations sporadiques à l'état larvaire et adulte (**Fig. 13 A, B**) a fait l'objet de l'étude que nous avons réalisé sur sa disponibilité temporelle en fonction des paramètres physico-chimiques des aiguilles du cèdre de l'Atlas, ainsi que des expositions Nord et Sud, dans les régions de Chrèa et Beni Ali.



Figure 13: La cochenille du cèdre *Dynaspidiotus regnerie*. (Originale, 2017)

Bouclier (A) et Larve de 2^{ème} stade (B)

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^{er}, 2^{ème}, femelle adulte, pré nymphe, nymphe et mâle adulte) de la cochenille *Dynaspidiotus regnerie*.

La phase des analyses en teneur d'eau, acides aminées et proline des aiguilles du cèdre de l'Atlas 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^{er} stade mobile et fixe, de 2^{ème} stade, des pré nymphes, nymphes, femelles adultes et mâles adultes de *D. regnerie* par aiguille, rameau, exposition et station.

3.3.2. Analyse 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 Chrèa et Beni 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 μ moles 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^{er}, 2^{ème} 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 qualitatives 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.

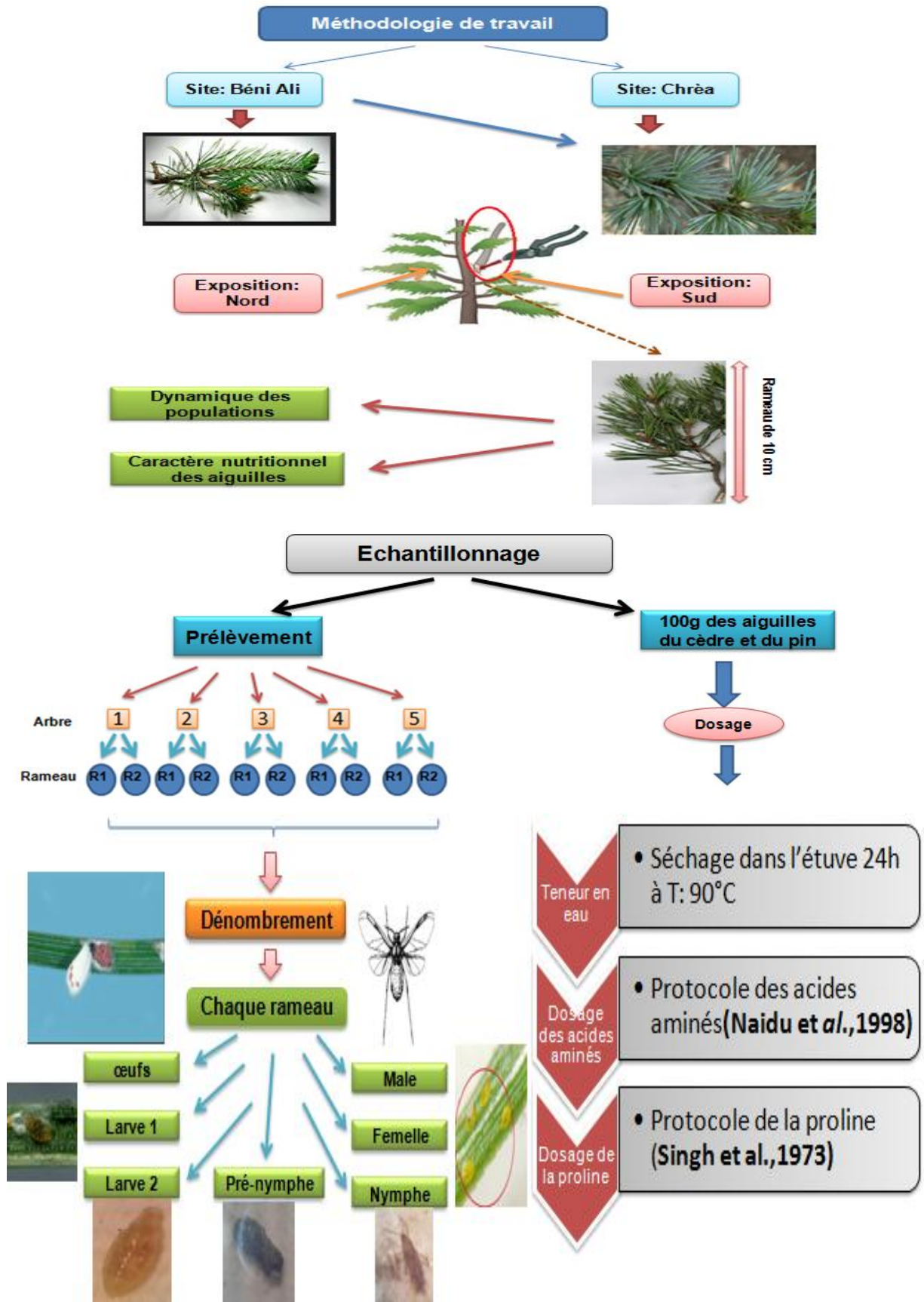


Figure 14: schéma récapitulatif de la méthodologie de travail

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DESCUSION

Chapitre III: Résultats et discussion:

1. Résultats

Les résultats de cette étude tendent à connaître dans un premier temps le cycle biologique, les infestations saisonnières de la cochenille, la production en acides aminés, proline, teneur en eau des aiguilles et de mettre en évidence dans un deuxième temps les interactions des facteurs climatiques; températures maximale, minimale, humidité relative de l'air et des facteurs physiologiques de la plante, ainsi que l'effet de ces facteurs exogènes sur le comportement du ravageur, *Dynaspidiotus regnieri* selon les expositions Nord et Sud des rameaux dans les régions de Chréa et Béni Ali.

1.1. Dynamique des populations de *Dynaspidiotus regnieri*

1.1.1. Station Beni Ali

1.1.1. 1. Evolution temporelle 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 cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* sur les expositions Nord (fig. 15 a) et Sud (fig. 15 b) font apparaître que les infestations globales et par stade biologique sont plus prononcées et plus étalées temporellement sur les rameaux à exposition Sud que Nord.

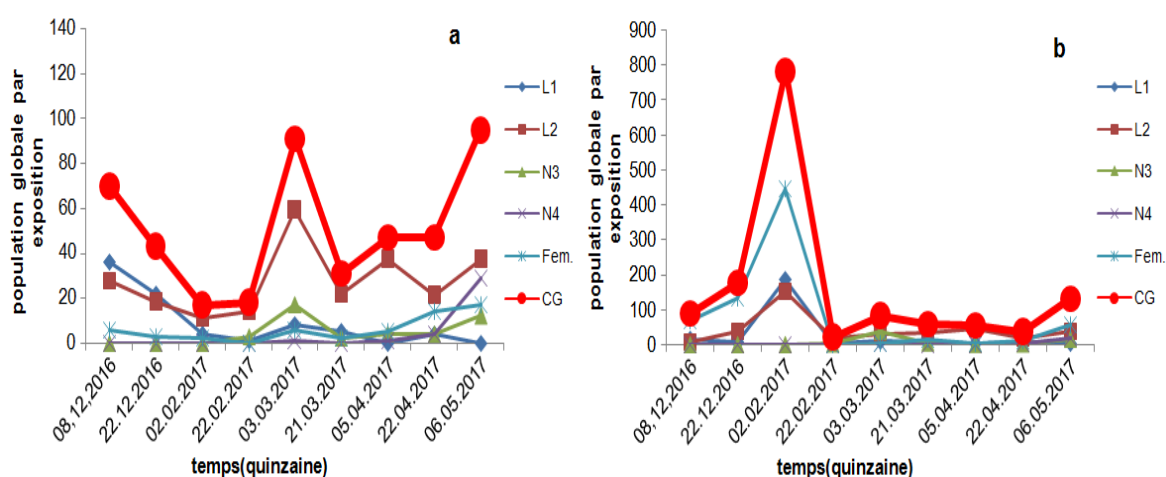


Figure 15: évolution temporelle comparée des populations globale et par stade par exposition nord (a) et sud (b)

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; CG: courbe globale.

De même, le niveau de l'infestation maximale est plus précoce au Sud (début Février) que sur les rameaux exposés au Nord (début Mars).

Les populations hivernales des différents stades sont caractérisées en particulier par la présence plus prononcée des femelles adultes que celles des larves de 1^{er} stade et de 2^{ème} stade qui se rapprochent sur l'exposition Sud par rapport à celle du Nord, où prédominent beaucoup plus les larves de 2^{ème} stade que celles du 1^{er} stade et des femelles. Durant la phase printanière, au niveau des deux expositions prédominent les larves de 2^{ème} stade et les femelles par rapport aux larves de 1^{er} stade, aux pré-nymphes et aux nymphes.

1.1.1.2. Répartition temporelle de différents stades *Dynaspidiotus regnieri* par exposition

Les résultats de la répartition temporelle comparée des différents stades de *D. regnieri* par exposition à la station de Beni Ali reportés graphiquement sur les figures 10 a et b montrent la présence de deux groupes homogènes au niveau de l'exposition Sud (fig. 16 b) et deux groupes dont un est représenté par deux sous groupes sur l'exposition Nord (fig. 16 a).

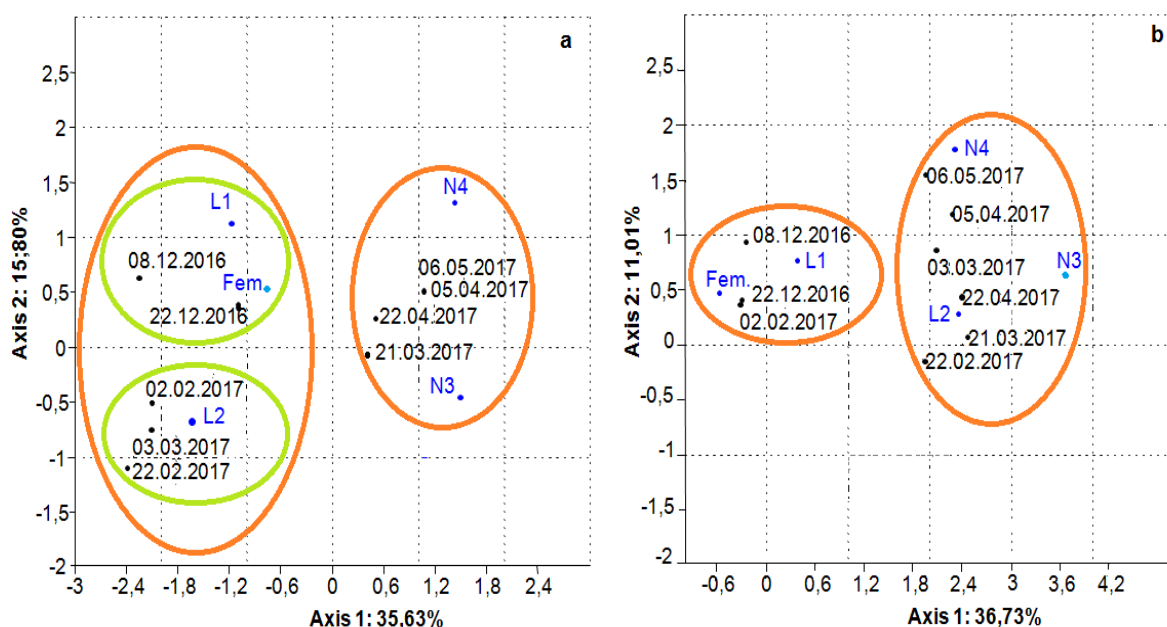


Figure 16: Répartition comparée des différents stades de *Dynaspidiotus regnieri* sur l'exposition Nord (a) et sud (b) au niveau de la station de Béni Ali

Au niveau de l'exposition Nord, Un premier sous groupe est représenté par les larves de 1^{er} stade et les femelles durant le mois de Décembre. Un sous deuxième groupe représenté entre les mois de Février à Avril par les larves 2^{eme} stade. Le deuxième groupe rassemble les pré-nymphes et les nymphes entre les mois de Mars et Mai. Tandis qu'au niveau de l'exposition Sud, le premier groupe englobe entre les mois de Décembre à Février, les femelles et les larves de 1^{er} stade. Alors que le deuxième groupe est représenté par larves de 2^{eme} stade, les pré-nymphes, les nymphes entre Février et mai.

1.1.2. Station Chréa

1.1.2.1. Evolution temporelle des populations sur les expositions Nord et sud

Les résultats de l'évolution temporelle comparée des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* sur les expositions Nord (fig. 17 a) et Sud (fig. 17 b) font apparaître 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.

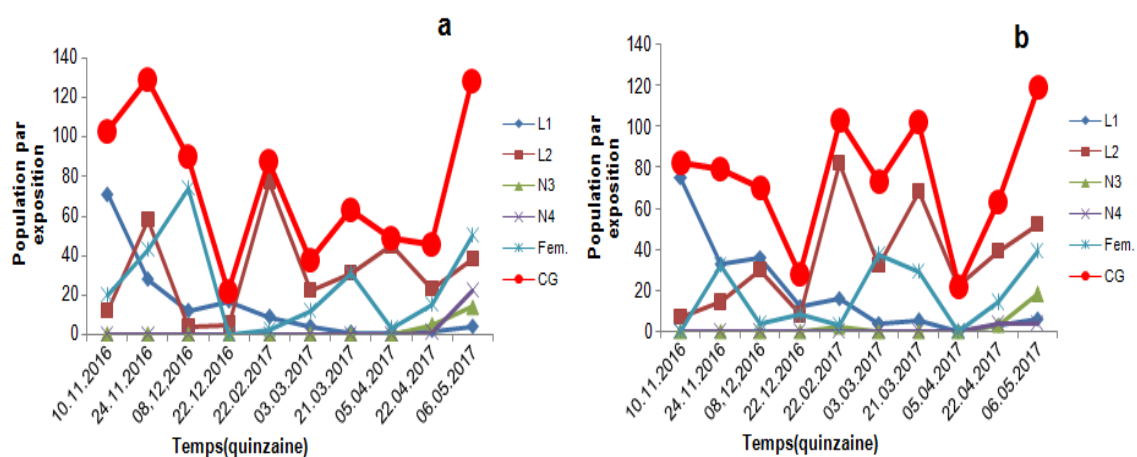


Figure 17: Evolution temporelle des populations par exposition (a) Nord et Sud (b)

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{eme} stade; N3 : pré nymphe; N4:nympe; Fem: Femelle; CG: courbe globale.

Les populations temporelles des différents stades sont caractérisées en particulier par la présence permanente et plus prononcée des larves de 2^{ème} stade sur l'exposition Sud que celle du Nord, alors que les larves mobile et fixe de 1^{er} stade plus abondantes au Nord qu'au Sud durant la saison hivernale, se raréfient durant le printemps et le début de la saison estivale au niveau des deux expositions. Les pré-nymphes, les nymphes et les femelles sont très peu abondants par rapport aux autres morphes durant toute la période de notre suivi quelque soit l'exposition

1.1.2.2. Répartition temporelle de différentes formes de *D. regnieri* par exposition Nord et Sud:

Au niveau de l'exposition Nord (fig. 18 a), un premier groupe est représenté par les larves de 1^{er} stade et des femelles adultes durant le mois de novembre et le moi de Décembre. Un deuxième groupe (fig. 18 b) est représenté entre les mois de Février à mai par les larves 2^{ème} stade, Les pré-nymphes et les nymphes .Tandis qu'au niveau de l'exposition Sud, le premier groupe englobe entre les mois de novembre à Décembre, les femelles et les larves de 1^{er} stade. Alors que le deuxième groupe est représenté par larves de 2^{ème} stade, les pré-nymphes, les nymphes entre Février et mai.

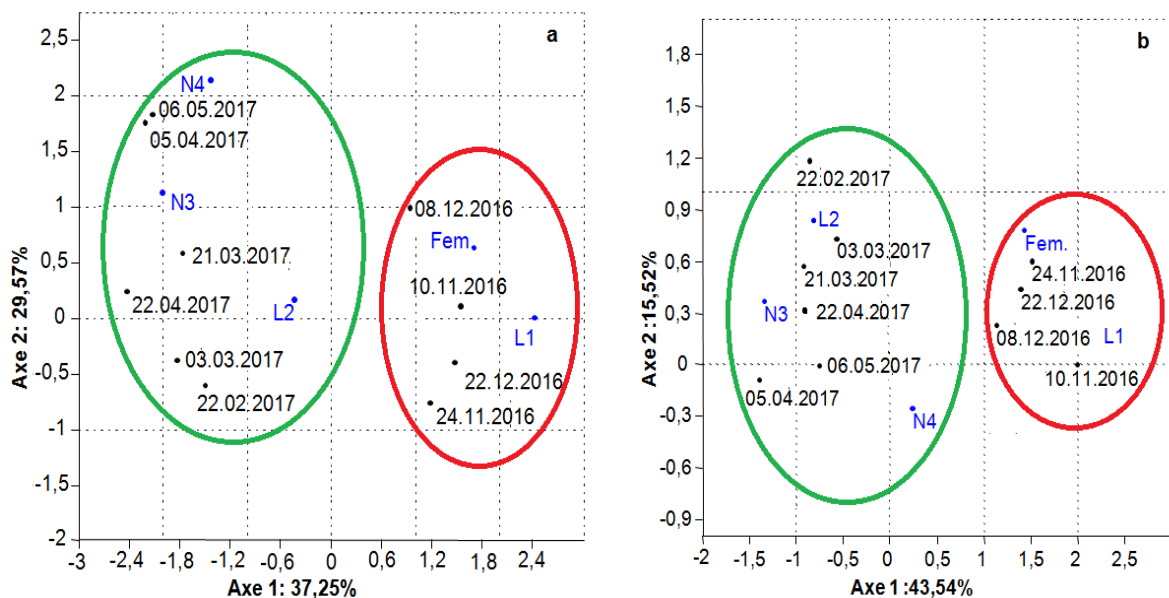


Figure 18: Répartition comparée des différents stades de *Dynaspidiotus regnieri* sur l'exposition Nord (a) et sud (b) au niveau de la station de Chrèa

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe;
Fem: Femelle;

1.1.3. Evolution temporelle des populations globale et stade par station

L'évolution temporelle des populations de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* au niveau des deux stations (fig. 19 a et b) montre qu'elles sont très variables dans le temps selon les morphes biologiques et les stations. En effet, il apparait que les infestations globales sont plus importantes à Beni Ali (fig. 19 a) et plus représentées en période automno-hivernale par les femelles que par les larves de premier et de deuxième stade. Les nymphes beaucoup plus rares, n'apparaissent qu'au printemps. Tandis qu'à Chréa (fig. 19 b), les infestations beaucoup moins importantes sont représentées par une prédominance en même temps des femelles, des larves de premier et de deuxième stade. Les nymphes très rares, n'apparaissent qu'au printemps

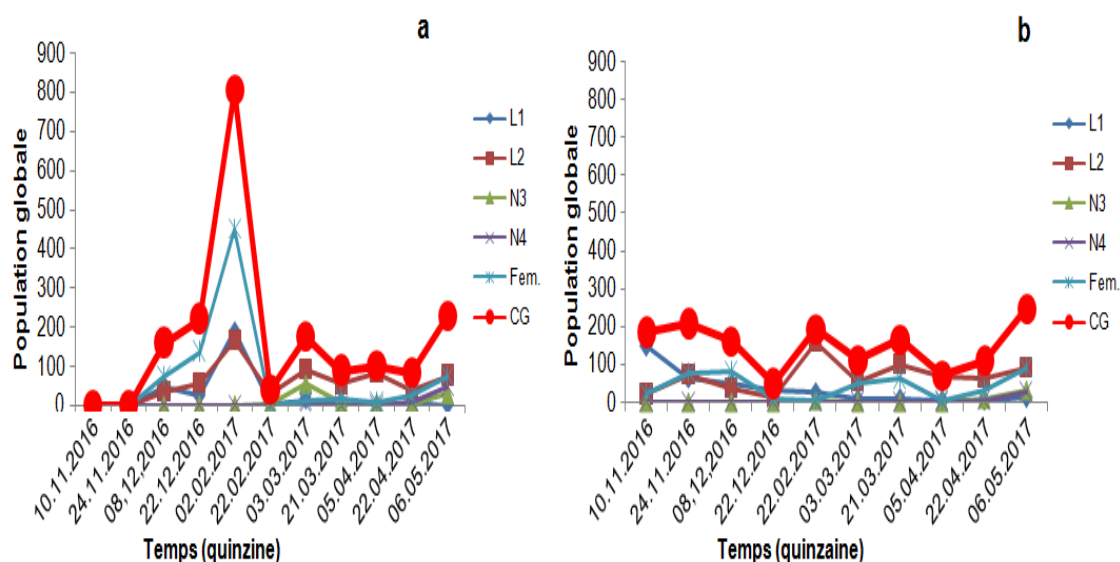


Figure 19: évolution temporelle des populations globales et des différents stades de la cochenille du cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* à Beni Ali (a) et Chréa (b).

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; CG: courbe globale

1.2. Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par station et exposition des aiguilles:

1.2.1. Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par exposition dans la station de Beni Ali

1.2.1.1. Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la Proline dans la station de Beni Ali

Les résultats reportés sur la figure 20 montrent que la quantité des acides aminés et de proline des aiguilles du cèdre de l'Atlas varie temporellement de façon très hautement significative ($P= 0,0001$; $P< 0,001$). Cependant, il apparaît que la production des acides aminés (fig. 20 a) est beaucoup plus marquée le 22 Février 2017 (groupe A) que durant les autres périodes et groupes. Alors que la synthèse de la proline (fig. 20 b) très importante durant presque toutes les périodes (groupe A, AB, ABC et BC) se distingue de celle des autres périodes et groupes (groupe D, CD et BC).

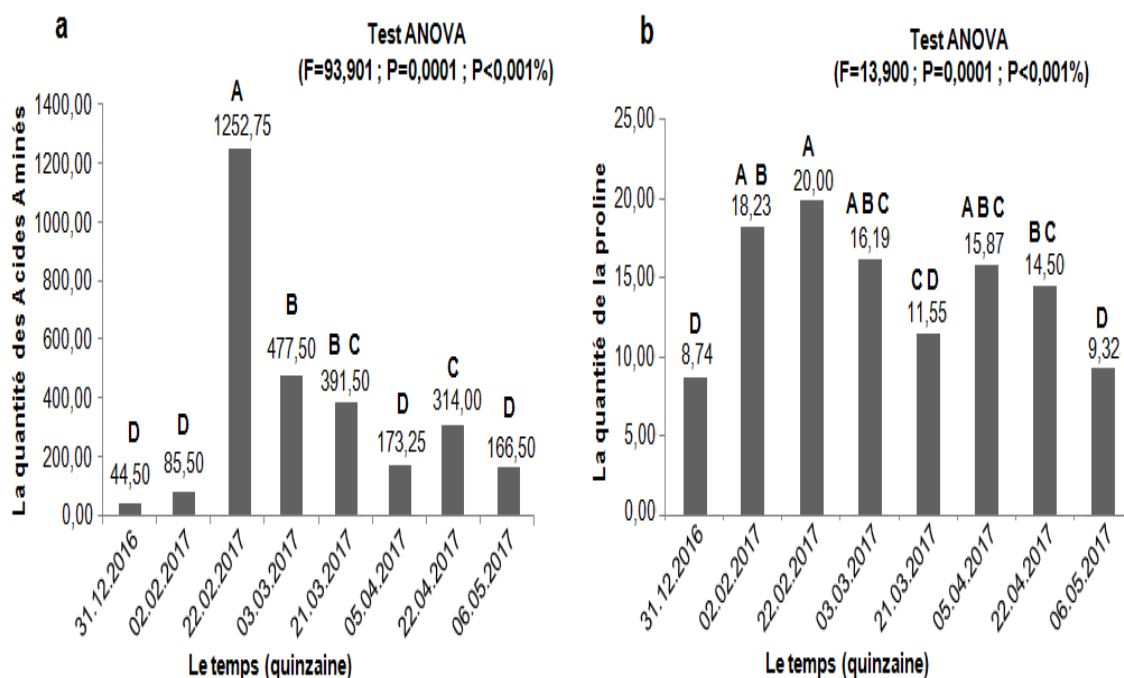


Figure 20: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés (a) et de la proline (b) dans la station de Beni Ali

1.2.1.2 Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la Proline par exposition dans la station de Beni Ali

Les résultats reportés sur la figure 21 a montrent que la quantité des acides aminés ont un effet hautement significatif ($P= 0,0001$; $P< 0,001$) dans les aiguilles du cèdre. Cependant, il ressort qu'il y a une synthèse des acides aminés très importante (groupe A) et qui est similaire pour les deux orientations nord et sud et il y a une synthèse de la proline très importante et qui est similaire pour les deux orientations nord et sud.

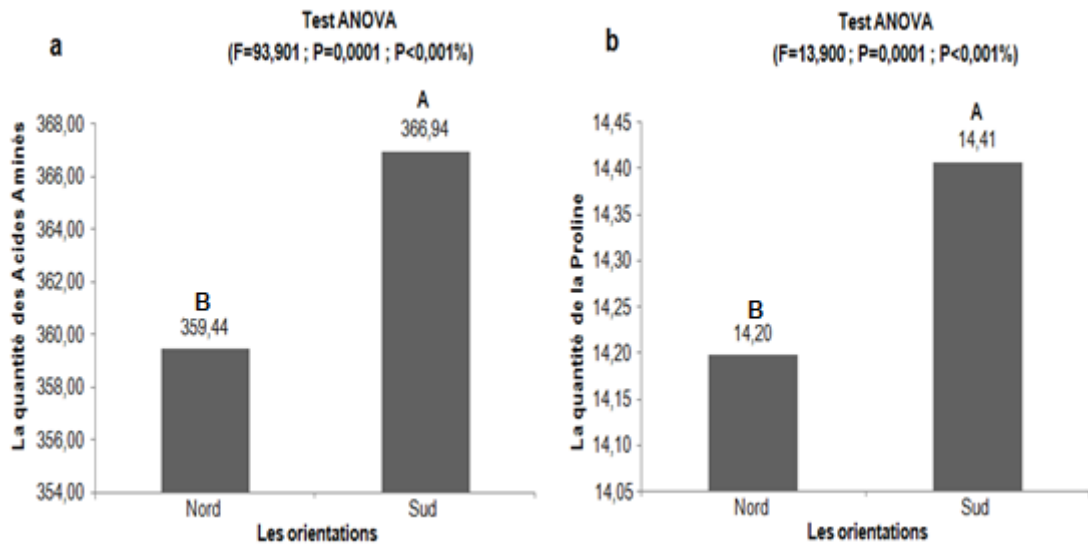


Figure 21: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés (a) et de proline (b) par exposition dans la station de Beni Ali

1.2.2 Etudes des paramètres physico-chimiques des taux d'acides aminés et proline par exposition dans la station de Chréa

1.2.2.1. Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la Proline dans la station de Chréa

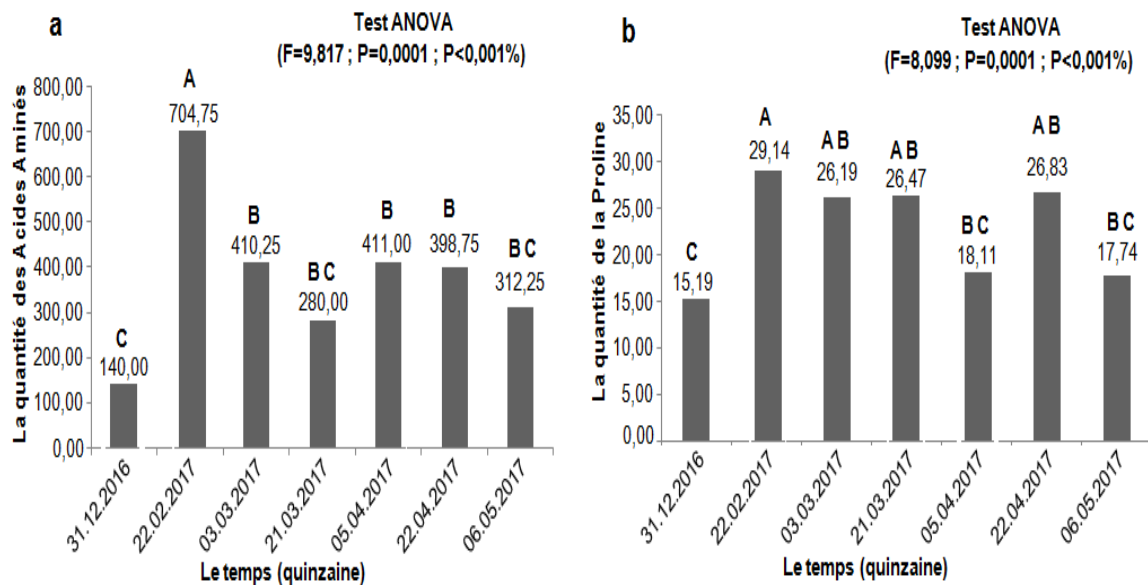


Figure 22: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de la proline dans la station de Chréa

(a) les Acides Aminés, (b) la proline

Les résultats reportés sur la fig.22 montrent que la quantité des acides aminés et de la proline ont un effet hautement significatif ($P= 0,0001$: $P< 0,001$) dans les aiguilles du cèdre. Cependant, il ressort que 22-02-2017 jusqu'au 21-03-2017, il ya une synthèse des acides aminés très importante (groupe A et AB), mais qui se distinguent fortement des autres périodes (groupe B, C et BC).

1.2.2.2. Évolution temporelle de la quantité des acides aminés et de Proline par exposition dans la station de Chréa

Les résultats reportés graphiquement sur la figure 23 a et b montrent que la quantité des acides aminés et de proline des aiguilles du cèdre présente une différence hautement significative selon les expositions ($P= 0,0001$: $P< 0,001$). Les aiguilles des rameaux à exposition Nord (groupe A) synthétisent beaucoup plus d'acides aminés (fig. 23 a) et de proline (fig 23 b) que ceux de l'exposition Sud (groupe B).

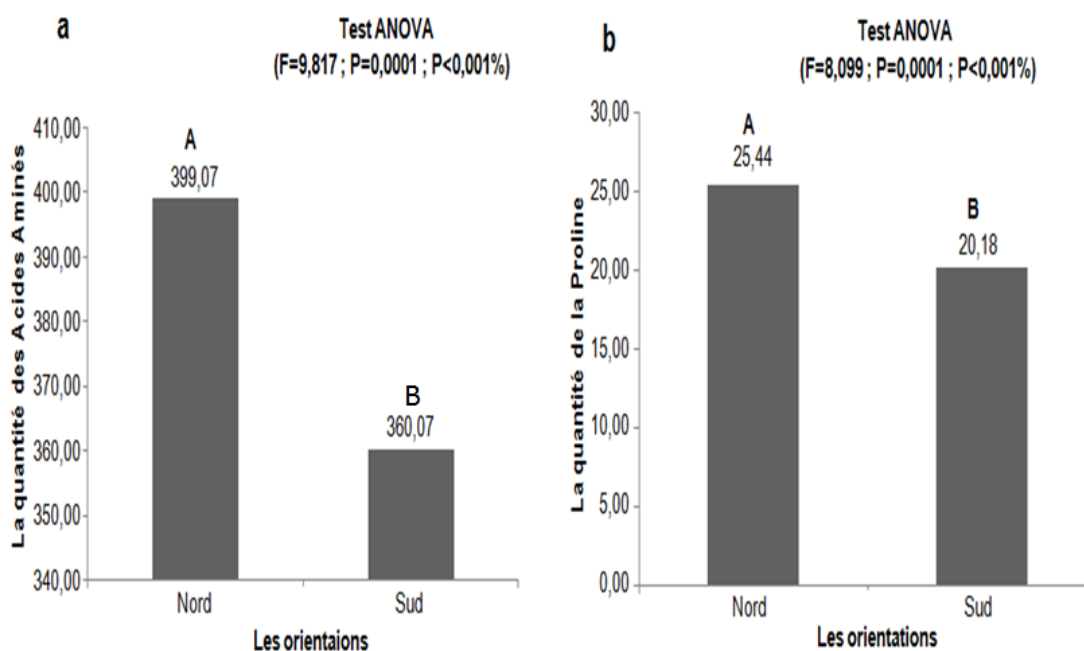


Figure 23: Évolution temporelle de la quantité des acides aminés (a) et de proline (b) par exposition dans la station de Chréa

1.2.3. Évolution temporelle comparée entre Béni Ali et Chréa:

Les résultats reportés graphiquement sur la figure 24 a montrent que la quantité d'acides aminés des aiguilles du cèdre de l'Atlas ne diffère pas selon les deux stations ($P= 0,802$: $P> 0,001$) (groupe A). Par contre, la quantité de proline (fig. 24 b) diffère de façon hautement significative entre les deux stations ($P=$

0,0001: $P < 0,001$). Elle est plus importante dans les aiguilles à Chréa (groupe A) qu'à Beni Ali (Groupe B).

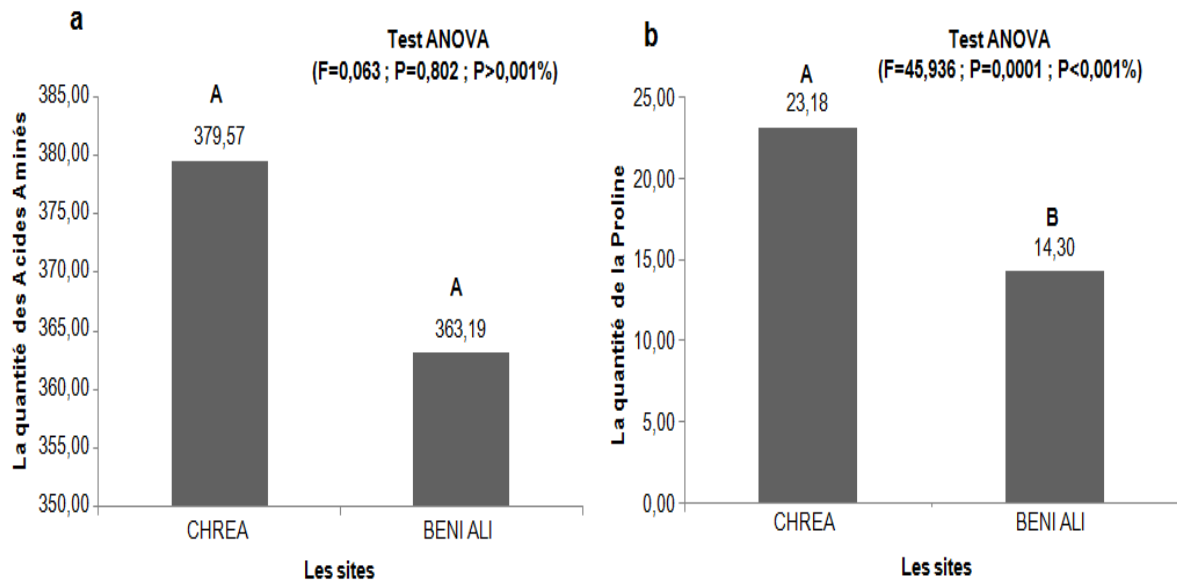


Figure 24: Évolution temporelle comparée de la quantité des acides aminés (a) et de proline (b) entre les deux stations

1.3. Effet des facteurs climatiques (température max., min. et humidité relative de l'air) et physiologique (acides aminés, proline, eau) sur les infestations de *Dynaspidiotus regnieri* selon les stations.

1.3.1. Par station:

1.3.1.1. Béni Ali:

Les résultats comparés de l'interaction des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physiologiques (teneur en eau, acides aminées, proline) au niveau des expositions Nord (Tab.2 A) et Sud (Tab.2 B) des aiguilles du cèdre de l'Atlas dans la région de Beni 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, *Dynaspidiotus regnieri*. Ainsi, au niveau des deux expositions Nord et Sud, il apparaît que le facteur température maximale a un effet contradictoire en diminuant la teneur en eau des aiguilles ($r = - 0,498$ N; $r = - 0,4661$ S), la quantité des acides aminés ($r = - 0,45952$ N; $r = - 0,4684$ S) et surtout sur les infestations ($r = - 0,5734$ N; $r = - 0,50554$), alors qu'elles sont corrélées positivement de façon assez marquée avec le taux de proline ($r = + 0,69226$ N; $r = + 0,74101$). De même, les températures minimales sont beaucoup plus corrélées avec le taux d'infestation au Nord ($r = +$

0,79592) qu'au Sud ($r=+ 0,43585$), et l'humidité relative de l'air est en même temps assez corrélée positivement avec la teneur en eau ($r=+ 0,434$ N; $r=0,35394$ S) et les infestations des aiguilles ($r=+ 0,47611$ N; $r=+ 0,41514$ S).

Tableau 2: interaction des facteurs climatiques (T°C, H.R.) et physiologiques (acides aminés, Proline, eau) sur les infestations de *Dynaspidiotus regnieri* selon les expositions dans la station de Beni Ali

A: nord; B: sud

A	AAN	PRN	INFN	TEN	B	AAS	PRS	INFS	TES
AAN	0	0,83284	0,31223	0,23903	AAS	0	0,43843	0,47306	0,82795
PRN	0,91951	0	0,73313	0,71629	PRS	0,6522	0	0,76581	0,98819
INFN	0,84898	0,65921	0	0,29247	INFS	0,7277	0,5393	0	0,0075
TEN	-0,51299	0,16955	0,46553	0	TES	-0,4018	-0,00695	0,88847	0
T max	-0,45952	0,69226	-0,5734	-0,498	T max	-0,4684	0,74101	-0,50554	-0,4661
T min	0,17268	0,25801	0,79592	-0,28214	T min	0,144	0,33172	0,43585	0,21965
HR %	0,091373	0,03278	0,47611	0,434	HR %	0,3946	-0,4143	0,41514	0,35394

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

1.3.1.2. Chrèa:

Les résultats comparés de l'interaction des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physiologiques (teneur en eau, acides aminées, proline) au niveau des expositions Nord (Tab.3 A) et Sud (Tab.3 B) des aiguilles du cèdre de l'Atlas dans la région de Chrèa .montrent d'après les coefficients de corrélation qu'il existe forte interaction entre ces facteurs sur les infestations de la cochenille, *Dynaspidiotus regnieri*. Cependant, au niveau de l'exposition Nord, il apparait que le facteur température maximale a un effet contradictoire en diminuant la teneur en eau des aiguilles ($r= - 0,63175$ N; $r= - 0,58149$ S) et la quantité des acides aminés ($r= - 0,49126$ N; $r= - - 0,5255$ S) et de façon assez marquée surtout sur les infestations ($r= - 0,7919$ N; $r= - 0,89636$ S), alors qu'elles sont corrélées positivement avec le taux de proline

($r=+ 0,62681$ N; $r=+ 0,52383$ S). De même, les températures minimales sont beaucoup plus corrélées avec le taux d'infestation au Nord ($r=+ 0,79592$) qu'au Sud ($r=+ 0,43585$), et l'humidité relative de l'air est en même temps assez corrélée positivement avec la teneur en eau ($r=+ 0,70767$ N; $r=0,42039$ S) et les infestations des aiguilles ($r=+ 0,47611$ N; $r=+ 0,41514$ S).

Tableau 3: interaction des facteurs climatiques (T°C, H.R.) et physiologiques (acides aminés, Proline, eau) sur les infestations de *Dynaspidiotus regnieri* selon les expositions dans la station de Chrèa

A: nord; B: sud

A	AAN	PRON	INFN	TEN	B	AAS	PROS	INFS	TES
AAN	0	0,78392	0,52855	0,9583	AAS	0	0,00373	0,19616	0,71835
PRON	0,62834	0	0,01181	0,28628	PROS	0,9162	0	0,31418	0,82465
INFN	0,88971	0,86563	0	0,20268	INFS	0,8548	0,74737	0	0,75528
TEN	-0,02457	0,47081	0,64816	0	TES	0,1683	0,10385	-0,14569	0
T max	-0,49126	0,62681	-0,7919	-0,63175	T max	-0,5255	0,52383	-0,89636	-0,58149
T min	-0,59091	-0,3409	0,66338	-0,37438	T min	-0,1102	0,27003	0,5545	-0,21441
HR %	0,40804	-0,7618	0,44913	0,70767	HR %	0,1986	-0,11786	0,32662	0,42039

AAN: Acides Aminés Nord, **PRON:** Proline Nord, **INFN:** Infestation Nord, **TEN:** Teneur en eau Nord, **TmaxN:** Température maximale Nord, **TminN:** Température minimale Nord, **HRN:** Humidité Relative Nord, **AAS:** Acides Aminés Sud, **PROS:** Proline Sud, **INFS:** Infestation Sud, **TES:** Teneur en eau Sud, **TmaxS:** Température maximale Sud, **TminS:** Température minimale Sud, **HRS:** Humidité Relative Sud

1.3.3. Effet comparé entre les deux stations:

Les résultats comparés de l'interaction des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physiologiques (teneur en eau, acides aminées, proline) des aiguilles du cèdre de l'Atlas dans les stations de Beni Ali et Chrèa (Tab.4 A et B) montrent d'après les coefficients de corrélation qu'il existe une forte interaction entre certains de ces facteurs sur les infestations de la cochenille, *Dynaspidiotus regnieri*. Ainsi, au niveau des deux stations, il apparaît que le facteur température maximale a un effet contradictoire en diminuant la teneur en eau des aiguilles ($r= - 0,67183$ (A); $r= - 0,72254$ (B)), la

quantité des acides aminés ($r = -0,61147(A)$; $r = -0,5003(B)$) et sur les infestations ($r = -0,6537(A)$; $r = -0,62646(B)$), alors qu'elles sont corrélées positivement avec le taux de proline ($r = +0,56593(A)$; $r = +0,62323(B)$). De même, les températures minimales sont beaucoup plus corrélées avec le taux d'infestation au Sud ($r = +0,64034$) qu'au Nord ($r = +0,54439$). L'humidité relative de l'air est en même temps fortement corrélée positivement avec la teneur en eau aussi bien à Béni Ali ($r = +0,74288$) qu'à Chrèa ($r = +0,87209$) et moyennement corrélée avec les infestations des aiguilles ($r = +0,48009 (A)$; $r = +0,40705 (B)$).

Tableau 4: interaction des facteurs climatiques (T°C, H.R.) et physiologiques (acides aminés, Proline, eau) sur les infestations de *Dynaspidiotus regnierii* entre les deux stations

A: Béni Ali; B: Chrèa

A	AABA	PROBA	INFBA	TEBA	B	AAC	PROC	INFC	TEC
AABA	0	0,63222	0,47983	0,61206	AAC	0	0,19361	0,40933	0,72945
PROBA	0,55208	0	0,8259	0,85756	PROC	-0,8574	0	0,42456	0,7259
INFBA	0,70298	0,71031	0	0,14237	INFC	-0,6734	0,76226	0	0,09627
TEBA	-0,23494	-0,0842	0,61409	0	TEC	0,1615	0,16364	0,67485	0
TmaxBA	-0,61147	0,56593	-0,6537	-0,67183	TmaxC	-0,5003	0,62323	-0,62646	-0,72254
TminBA	-0,5032	0,32415	0,54439	0,08007	TminC	-0,3552	-0,19407	0,64034	0,06251
HRBA	0,46552	-0,1527	0,48009	0,74288	HRC	0,3349	-0,54798	0,40705	0,87209

AABA: Acides Aminé Béni Ali, **PROBA:** Proline Béni Ali, **INFBA:** Infestation Béni Ali, **TEBA:** Teneur en Eau Béni Ali, **TmaxBA:** Température maximale Béni Ali, **TminBA:** Température minimale Béni Ali, **AAC:** Acides Aminé Chrèa, **PROC:** Proline Béni Ali, **INFC:** Infestation Chrèa, **TEC:** Teneur en Eau Chrèa, **TmaxC:** Température maximale Chrèa, **TminC:** Température minimale Chrèa,

2. Discussion:

La compréhension des relations nutritionnelles qui unissent les plantes, les populations de ravageurs et leurs ennemis naturels tout en tenant en compte des adaptations aux conditions environnementales est donc un élément clé afin de gérer et de préserver les écosystèmes.

Dans cette optique, la présente étude vise à mettre en évidence les effets des facteurs climatiques (température humidité de l'air) et physiologiques (acides aminés, proline, eau) sur les infestations de la cochenille du Cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* sur les aiguilles des rameaux à exposition Nord et Sud au niveau des stations de Béni Ali et Chrèa.

2.1. Dynamique des populations de *Dynaspidiotus regnieri*:

Les résultats de l'évolution temporelle comparée des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* selon les expositions, dans les deux stations montrent que cette cochenille présente aux stades larvaires 1 et 2, ainsi qu'à l'état de femelle, un niveau d'infestation hiverno-printanier plus prononcé que celui des pré-nymphes et nymphes à Béni Ali qu'à Chrèa. Cependant, durant la phase hivernale l'infestation des larves de premier stade est plus importante que celle des larves de deuxième stade qui se rapproche de celle des femelles à Béni Ali, Alors que les infestations des larves de premier et deuxième stade se raccordent à Chrèa. L'infestation printanière aussi bien globale que par stade biologique reste très peu marquée que celle de l'hiver dans les deux stations. Mais, elle est beaucoup plus représentée par les larves de 2^{ème} stade dont les infestations augmentent par rapport à celles des larves mobile et fixe de 1^{er} stade, qui diminuent pour devenir très rares. Alors que les pré-nymphes, les nymphes et les femelles sont très peu abondantes. Au niveau de l'exposition Nord, les larves de 1^{er} stade sont présentes durant le mois de Décembre, alors que les larves 2^{ème} stade et les femelles sont présentes entre les mois de Février à Avril. Tandis que les pré-nymphes et les nymphes apparaissent entre les mois de Mars et Mai. Tandis qu'au niveau de l'exposition Sud, les femelles et les larves de 1^{er} sont présentes entre les mois de Décembre à Février. Alors que larves de 2^{ème} stade, les pré-nymphes, les nymphes apparaissent entre Février et mai. Il ressort de ces

résultats que la cochenille du cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* arrivant à se préserver durant la période hivernale sous la forme de larves de premier, de deuxième stade, mais également à l'état de femelle immature, non pondreuse, alors qu'au printemps les infestations sont représentées beaucoup plus par les larves 2 que par les larves 1 et les femelles démontre bien que son cycle biologique dans les deux stations et quelque soit l'exposition diffère de celui qu'elle développe en Espagne, comme le montrent **Del Estal et al. (1994)** qui précisent que la biologie de cette espèce n'est pas connue dans son aire d'origine et seuls les travaux des données biologiques dans le centre de l'Espagne (Ségovie et Madrid) arrivent à démontrer que *D. regnieri* est une espèce univoltine (une seule génération par an) et que les femelles adultes fécondées (aux téguments très sclérifiés) présentes sur les aiguilles de cèdre tout au long de l'année, constituent également la forme de résistance à l'hiver. Ces auteurs précisent les larves de stade 1, qui sont mobiles, n'apparaissent qu'au début du mois de juin, constituent la forme de dispersion de l'espèce et restent présentes jusqu'en septembre, avec un maximum en juin ou juillet. Alors que, les larves de stade 2 peuvent être présentes jusqu'à mi-octobre et les jeunes femelles adultes de mi-juillet à novembre.

Les morphes mâles pré nymphe, nymphe et adulte n'apparaissent et ne se préservent qu'au printemps aussi bien à Béni Ali qu'à Chrèa ne présentent pas le même type de cycle de vie annuel que celui observé en Espagne par **Del Estal et al. (1994)** montrant que les mâles aux stades pré-pupe, pupes et adultes sont présents durant une partie de l'hiver en faible proportion, mais aucun ne survit jusqu'au printemps. La majorité d'entre eux n'est présente que du début juillet à fin août.

2.2. Effets des facteurs climatiques (T° max., et min. et l'humidité relative de l'air) et des facteurs physicochimique (acides aminés, proline, teneur en eau) sur les infestations de *Dynaspidiotus regnieri*:

Les résultats portant sur l'effet des interactions des facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles des rameaux à exposition Nord et Sud du cèdre de l'Atlas dans les stations de Béni Ali et Chrèa, et de leurs effets combinés avec les facteurs climatiques sur les infestations de

Dynaspidiotus regnieri montrent qu'ils ont des effets controversés en fonction des expositions, mais également des différents facteurs climatiques et physico-chimiques. Ainsi, l'altitude 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 la proline et des infestations qui sont moins importantes sous l'effet des températures maximales, mais qui diffèrent selon l'altitude des stations (Chrèa 1500 m dont T° max. varie entre 15°C et 18°C et Béni Ali 900 m T° max. varie entre 20°C et 26°C). Ces températures maximales provoquent une augmentation du taux de proline, mais une diminution des infestations quelque soit les altitudes et les stations. Par contre, la production temporelle des acides aminés et de proline est la plus marquée pendant la période hiverno-printanière et sous l'effet des températures minimales. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que quelque soit l'altitude et 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 induisent la plante à produire des métabolites secondaires de stress, la proline dont la sécrétion s'observe en particulier par les aiguilles des rameaux dans chaque exposition. 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**). Une étude réalisée par **Dinant et al. (2010)** a montré que les glucides et les acides aminés sont les métabolites prédominants dans la sève élaborée. Les acides aminés sont des éléments essentiels dans la nutrition des cochenilles, qui selon **Weibull (1987)** et **Comeau (1992)** la teneur peut varier selon le stade phénologique, la nutrition minérale azotée de la plante (**Niraz et al., 1985**).

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 à Béni Ali qu'à Chrèa et au Sud qu'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, les jeunes feuilles les 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, 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.

L'impact des changements climatiques sur les insectes est étroitement lié à l'augmentation de la température, un paramètre important qui régule leur vitesse de développement.

CONCLUSIONS-PERSPÉCTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail consacré à l'étude de l'incidence des facteurs climatiques et de leur interactions avec les facteurs physico-chimiques, ainsi que leur incidence sur les infestations de la cochenille du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Man *Dynaspidiotus regnieri* dans la station de Chrèa et de Beni Ali démontre que quelque soit l'exposition, et l'altitude 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, pré-nymphes, 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 cèdre de l'Atlas sur les rameaux à exposition Nord et Sud et des facteurs climatiques sur les infestations de *D. regnieri* dans les station de Béni Ali et Chrèa montrent que l'exposition a un effet sur la production des acides aminés qui est plus importante 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 qui sont induits 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.

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:

Abdessemed K., 1982. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M.*) dans le massif de l'Aurès et du Belzma .Etude phyto-sociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de Doc.Ing.Fac. Des sciences et techniques, St Jérôme Aix Marseille ,200p.

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.

Aussenac G. et Guehl J., 1990. Ecophysiologie du cèdre (*Cedrus sp.*).Conséquence pour la sylviculture station de sylviculture et de production INRA, Nancy, pp: 191-139

AWMACK C.S. et LEATHER S.R., 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817-844.

Balachowsky A., 1928. Contribution à l'étude des coccides de l'Afrique Mineure (Deuxième note).Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. 1. Pp.: 121-144.

Balachowsky A., 1948. Les cochenilles de France, d'Europe du nord de l'Afrique e du bassin méditerranéen. IV. Monographie des Coccoidea, classification Diaspidinae (Première partie). Entomologie Appliquée. Actualités Scientifiques et Industrielles. 1054 pp.: 243-394.

Balachowsky A., 1954. Etude comparative des cochenilles du cèdre au Liban et en Afrique du Nord. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole en France*. 33: 108-114. Courbet F. (coordinateur) et al 2012. *Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations*. Document RMT AFORCE, 29 pages.

Barriteau M. et Ferrandes P., 1992. Les cèdres. In <<L'amélioration des plante>>.Gallais A., Bannerot H., INRA. Paris pp.:732-743.

Barriteau M. et Ferrandes, P., 1990. L'amélioration des cèdres en France. In actes du Symposium International sur le cèdre .Antalya, Turquie pp.: 366-379.

Belhadid zahia, Chakali Gahdeb, Mohamed Ghalem, Haddar Lilia et Hamza Boughrara, 2013. DISTRIBUTION DES CARABOIDEA DANS DIFFÉRENTS

PEUPLEMENTS FORESTIERS DU PARC NATIONAL DE CHRÉA, ALGÉRIE. Lebanese Science Journal, Vol. 14, No. 2, 2013. Pp.: 53-61.

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

Benabid, A., 1994. Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc.* T 27. Pp: 61-76.

Boudy P., 1950. Economie forestière Nord Africaine: Monographie et traitements des essences forestières. Ed.Larose, T2(II), Paris, 878p.

Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La Maison Rustique. 505 p.

Chapman R.F et Blaney W.M., 1979. Chapitre 4: How animals perceive secondary compounds, dans Rosenthal G.A. et Janzen D.H. 1979. Herbivores, their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press. New York, New York.718 p.

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

Comeau A., 1992. La résistance aux pucerons : Aspects théoriques et pratiques. In: Vincent Ch. et Coderre D. (Eds.), *La lutte biologique*. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Québec, pp.: 433- 449.

Corrigan J. J. et Srinivasan N. G., 1966. The occurrence of certain D-amino acids in Insects. *Biochemistry*, 5, pp.: 1185-1190.

Del Estal P., Soria S. et Vinuela E., 1994. Localizacion y ciclo biologico de *Nuculaspis regnieri*, Balachw 1928 (Homoptera Diaspididae) en la zona centro de espana. *Bolletino Sanidad Vegetal, Plagas* 20(2) pp.: 477-486.

Derridj, A. 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Doc. U.P.S Toulouse .288 p.

Dinant S., Bonnemain J.L., Girousse C., Kehr J., 2010. Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding, *C. R. Biologies* 333; pp: 504–515.

El Yousfi M., 1994. La santé du Cèdre de l'Atlas au Maroc. Ann. Rech. For., T (27), pp.: 593-611.

Emberger, L., 1938. Contribution à la connaissance des cèdres en particulier du Deodar et du cèdre de l'Atlas. Rev. de Bot. App. Et d'Agre. Tropicale. Bull. n°198 Fev. Tome XVII, pp.: 77-91.

Fabre (J.-P.), Mouna (M.), Du Merle (P.), Benhalima (S.)1999. Le Point sur certains ravageurs du Cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe. Forêt méditerranéenne, tome 20, n° 4, 1999, pp.: 203-218.

Fabre J-P., 1988. Possibilités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mimeur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. Ann. Sci. For., 45(2) pp.: 125-140.

Fabre J-P., 1994. Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originaux de l'aire naturelle des Cèdres parvenus en France, colonisation par les insectes d'un nouvel écosystème forestier. Ann. Rech. For., T (27): 539-551

Ferrandes, P., 1986. Amélioration génétique des arbres forestiers. R.F.F.N°spécial pp.: 139-141.

Germain, J.-F., Boutte, B., Boivin, T & Chalon, A., 2014. Un nouveau parasite dans les forêts de cèdre de l'Atlas: La cochenille des aiguilles *Dynaspidiotus regnieri*. Forêt Méditerranéenne, 35 (1), 53-58. <http://prodinra.inra.fr/record/361618>

Hahn D.A., 2005. Larval nutrition affects lipid storage and growth, but not protein or carbohydrate storage in newly eclosed adults of the grasshopper *Schistocerca Americana*. *Journal of Insect Physiology*, 51, 1210-1219.

HALIMI, A., 1980. L'Atlas Blideen, Climat et étage végétaux. Ed. O.P.U. Alger: 523 p.

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.

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}C NMR. *J. Plant Physiol.*, 135, 459-446.

Krouchi F., 1995. Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tal-Guileg (Djurdjura Nord Occidental). Thèse. Mag. INA. Alger. 105p. 6 Annexes

Ladanyi M. et Horvath L., 2010. A review of the potential climate change impact on insect populations general and agricultural aspects. *Applied Ecology and Environmental Research* 8, 143-152.

M'hirit, O., 1982. Etudes écologiques et forestières du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. *Ann. Rech. For. au Maroc*. Tome 22:502p.

Martikainen P., Slitonen J., Puntila P., Kaila L. et Rauh, J., 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and oldgrowth boreal forests in southern Finland, *Biological Conservation* 94, 199–209.

Meddour, R., 1994. Cédraies de l'Atlas Blidéen, bioclimatologie, syntaxonomie et dynamique Séminaire sur le Cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc, 7-11 juin 1993). *Ann. Rech. For. Maroc.*, 27 (numéro spécial), Vol. 1. Edité par M'Hirit, O., Samih, A. et Malagnoux, M. pp.: 106-127.

Morandini, R. and Mercurio, R., 1990. Atlas Cedar (*Cedrus atlantica* M.) in Italy. In actes du Symposium International sur le cèdre. Antalya, Turquie.

Mouna M. and Fabre J-P., 2005. Pest insect of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean area in: LIEUTIER F. et GHAIIOULE D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp. 89-103. vol. 53, 966-971.

Mouna M., 1994. Etat des connaissances sur l'entomofaune du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, T(27) pp.: 513-526.

Mouna M., 2001. Les principaux insectes ravageurs du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) au Maroc in: workshop on " Assessment of the scale of insect infestation in cedar forest in Lebanon and the Mediterranean region ". Univ., Beirut, Liban, pp.: 25-34.

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.

Nedjahi M., 1988. la croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa, Ann.Rech.Forest.Algérie, Vol2, Pp.: 23-58.

Nedjahi A., 1988. La cédraies de Chréa « Atlas Blidéen » : Phénologie, productivité, régénération. Thèse.Doc.Univ.de Nancy 1.France, 184p.

Niraz, S., Leszczynski, B., Ciepiela, A., Urbanska, A., Warchol, J., 1985. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids. *International Journal of Tropical Insect Science*, 6(03), 253-257.

Palevsky E., Borochoy-Neori H. et Gerson U., 2005. Population dynamics of *Oligonychus afrasiaticus* in the southern Arava Valley of Israel in relation to date fruit characteristics and climatic conditions. *Agricultural and Forest Entomology* 7 pp.: 283-290.

Petersen M.K et Hunter M.S., 2002. Ovipositional preference and larval - early adult performance of two generalist lacewing predators of aphids in pecans. *Biol. Cont.*, 25, 101-109.

Putod R., 1979. Le reboisement du cèdre dans le Sud-est de la France. Bull. Vulg. Forrest. N°8 P: 58.

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

Quezel, P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. In Forêts et maquis méditerranéens: écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2. Pp : 9-33. UNESCO, Paris

Quézel, P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In <<Actualité d'Ecologie forestière>>, collection éditée par Pesson, Paris, pp.: 205-256.

Remaudière, G., 1954. Les Cinarini (Hom. Aphidoidea, Lachnidae) du cèdre en Afrique du Nord. Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France, vol. 33, 115-122.

Saporta. G., 1990. Probabilités. Analyse des données et statistiques, Ed Technip. 493p

Sauvion N., Calatayud P. A., Thiery D., et marion-Poll F., 2013. *Interactions insectes-plantes*. Editions Quae.

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: 57-63.

Slansky F. J. R. et Rodriguez J.G., 1987. *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview*, In: F. Slansky Jr. and J.G. Rodriguez (eds.), New York. pp.: 1-69.

Slansky F. J. R. et Rodriguez J.G., 1987. *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview*, In: F. Slansky Jr. and J.G. Rodriguez (eds.), New York. pp. 1-69.

Strong D.R; Lawton J.H. et Southwood R., 1994. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 313 p.

Thery A., 1928. Etude sur les bup restides de l'Afrique du nord. Mémoires de la société des sciences naturelles du Maroc, 1-586.

Toth, J., 1980. Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière. Forêt. Médit. II (1), CTGREF, Aix en Provence.

Van Asch M. et Visser M.E., 2007. Phenology of forest caterpillars and their host trees: The importance of synchrony. Annual Review of Entomology 52: 37-55.

Weibull J., 1987. Seasonal changes in the free amino acids of oat and barley phloem sap in relation to plant growth stage and growth of *Rhopalosiphum padi*. *Ann. Appl. Biol.* 111: 729-737.

WEIBULL J., 1987. Seasonal changes in the free amino acids of oat and barley phloem sap in relation to plant growth stage and growth of *Rhopalosiphum padi*. *Ann. Appl. Biol.* 111: 729-737.

Wheeler A.G., 2001. *Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae)*. 507 pp. New York, Cornell University Press.

Wolfersberger M.G., 2000. Amino acid transport in insects. *Annual Review of Entomology*, 45, 111-120.