

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie animale

Présenté par :

BETTEFAL Manel

BOUKHADIA Hayet

Thème

**Impact des Défoliateurs du genre *Thaumetopoea* sur
la croissance et la vitalité du Cèdre de l'Atlas dans le
Parc National de Theniet El Had**

Soutenu publiquement le:01/10/2020

Jury :

Présidente : Mme. BENAYADA K

Encadrant: Mr. SARMOUM M

Examinatrice : Mme. BOUAZZA Kh

Grade

MAA

MCA

MCB

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

Nous tenons à remercier notre promoteur Mr *SARMOUM Mohamed* pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour sa disponibilité, ses conseils et ses orientations.

Nous tenons à remercier vivement :

Mme *BENAYADA Keltoum* de présider ce présent jury.

Mme *BOUAZZA Khaldia* pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude.

Dédicace

Je dédie ce travail à ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour,

A ceux qui m'ont encouragé dans mes moments les plus difficiles,

A ceux qui m'ont fait confiance :

« Mes très chers parents »

Sans eux je ne suis pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, de leurs précieux conseils, leurs amours, je ne les remercierai jamais assez pour tout ce qu'ils m'ont fait.

A mon cher frère et ma sœur.

A mes chères grand-mères.

A mon cher grand-père que dieu bénisse son âme

A mes tantes.

A mon oncle Mohamed.

A mon binôme Manel pour sa patience.

A ceux que je porte dans mon cœur.

Ainsi à tous qui m'ont aidé de près ou de loin.

Dédicace

A mes chers parents

A mes sœurs et mon frère

A toute ma famille

A tous mes amis

A mon binôme Hayet

Liste des abréviations

| Abréviation | Signification |
|--------------|-------------------------------------|
| ARMA | Autorégressive moyenne mobile. |
| CI | Coefficient d'interdatation. |
| EMC | Epaisseur Moyenne des Cernes. |
| I | Indice de croissance. |
| M | Température moyenne maximale. |
| M | Température moyenne minimale. |
| P | Précipitation. |
| PNTEH | Parc National de Theniet El Had |
| Q2 | Quotient pluviométrique d'EMBERGER. |
| SM | Sensibilité Moyenne. |
| T | Température |

Liste des tableaux

| Tableaux | Page |
|---|------|
| Tableau 1 : Caractères botanique et biologique comparés de quatre espèces du genre <i>Cedrus</i> . | 4 |
| Tableau 2 : Caractères botanique de cèdre de l'Atlas..... | 4 |
| Tableau 3 : Estimation de superficie (ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie..... | 7 |
| Tableau 4 : Répartition des cédraies Algériennes selon le climat. | 7 |
| Tableau 5 : Données des températures de Theniet el Had (°C)..... | 16 |
| Tableau 6 : Conditions climatiques de Theniet el Had..... | 17 |
| Tableau 7 : Régime pluviométrique saisonnier..... | 17 |
| Tableau 8 : Pluviosité mensuelle..... | 17 |
| Tableau 9 : La hauteur et la circonférence des arbres..... | 24 |
| Tableau 10 : Epaisseur moyenne des cernes des séries individuelles et de la chronologie maitresse..... | 33 |
| Tableau 11 : Sensibilité moyenne de chaque arbre et de chronologie maitresse..... | 33 |
| Tableau 12 : Les coefficients d'interdatation des séries individuelles..... | 33 |

Liste des figures

| Figure | Page |
|--|------|
| Figure 1 : Cèdre de l'Atlas : feuilles, cône, écorce, bourgeons..... | 5 |
| Figure 2 : Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El Had..... | 6 |
| Figure 3 : Un nid de la chenille processionnaire sur un sujet du du cèdre au Parc National de Theniet El Had. | 13 |
| Figure 4 : Localisation du parc national de Theniet el Had. | 15 |
| Figure 5 : Carte des cantons du parc national de Theniet el Had. | 15 |
| Figure 6 : Diagramme Ombrothermique de Theniet El Had. | 18 |
| Figure 7 : Climagramme pluviothermique d'EMBERGER..... | 19 |
| Figure 8 : Carte de sols du parc national de Theniet el Had..... | 20 |
| Figure 9 : Photos de la station (le canton pépinière)..... | 23 |
| Figure 10 : Matériels dendrométriques utilisés. | 25 |
| Figure 11 : Matériels de préparation et de mesure des échantillons. | 26 |
| Figure 12 : Variations des épaisseurs des cernes dans les séries élémentaires..... | 30 |
| Figure 13 : Les courbes de croissance individuelles relatives au cèdre de l'Atlas..... | 31 |
| Figure 14 : Variabilité interannuelle des épaisseurs des cernes chez les populations. | 32 |
| Figure 15 : Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%). | 34 |
| Figure 16 : Variation de l'épaisseur des cernes dans la chronologie résiduelle chez le cèdre de l'Atlas..... | 35 |
| Figure 17 : Les indices de croissances correspondant aux années de l'attaque de la chenille (centrées) les années qui précèdent et qui suivent l'attaque..... | 36 |
| Figure 18 : Variations de l'indice de résistance selon les années..... | 37 |
| Figure 19 : Variations de l'indice de récupération selon les années..... | 38 |
| Figure 20 : Variation de l'indice de résilience selon les années..... | 38 |
| Figure 21 : Variation de l'indice de résiliences relative selon les années..... | 39 |

Table des matières

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 1 |
|-------------------|---|

Première Partie étude bibliographique

Chapitre 1: Généralité sur le cèdre de l'Atlas

| | |
|---|---|
| 1. Généralités sur le cèdre..... | 3 |
| 2. Caractères botaniques du genre <i>Cedrus</i> | 3 |
| 3. Caractères botanique du Cèdre de l'Atlas..... | 4 |
| 4. Bref historique de cèdre de l'Atlas..... | 5 |
| 5. Position systématique de cèdre de l'Atlas..... | 5 |
| 6. Localisation de cèdre de l'Atlas | 6 |
| 6.1. Au Maroc..... | 6 |
| 6.2. En Algérie..... | 6 |
| 7. La croissance du Cèdre de l'Atlas..... | 7 |
| 7.1. Le débourremen..... | 7 |
| 7.2. La croissance..... | 7 |
| 8. Les ravageurs de Cèdre de l'Atlas | 8 |
| 8.1. Les incendie..... | 8 |
| 8.2. Sécheresse..... | 8 |
| 8.3. Les insectes..... | 8 |
| 8.4. L'homme..... | 8 |
| 9. Le dépérissement de cèdre de l'Atlas..... | 8 |
| 9.1. Définition..... | 8 |

Chapitre 2: Généralité sur l'insecte défoliateur

| | |
|---|----|
| 1. Processionnaire du cèdre (<i>Taumatopoea < bonjeani</i>)..... | 10 |
| 1.1. Systématique..... | 10 |
| 1.2. Cycle développement de <i>Thaumotepoea bonjeani</i> | 10 |
| 1.3. La description de l'insecte..... | 10 |
| 1.3.1. Mâle | 10 |
| 1.3.2. Femelle..... | 11 |
| 1.4. La répartition du <i>Thamotepoea bonjeani</i> | 11 |
| 1.5. Les ennemis naturels | 11 |
| 2. La chenille processionnaire du pin : (<i>Thaumotepoea pityocampa</i>)..... | 11 |
| 2.1. Systématique..... | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.2. La répartition du <i>Thaumotepoeapityocampa</i> | 11 |
| 2.3. Cycle développement de <i>Thaumotepoeapityocampa</i> | 12 |
| 2.4. Les ennemis naturels | 12 |
| 2.5. Les dégâts | 12 |
| 2.6. Essences attaquées | 12 |

Chapitre 3: Présentation de la zone d'étude.

| | |
|--|----|
| 1. Présentation générale du parc National de ThenietEl Had | 14 |
| 1.1. Historique du parc | 14 |
| 1.2. Situation géographique | 14 |
| 1.3. Caractéristiques abiotiques et biotiques | 16 |
| 1.3.1. Caractéristiques abiotiques..... | 16 |
| • Climat..... | 16 |
| • Les températures..... | 16 |
| • Précipitation..... | 16 |
| • Diagramme Ombrothermique..... | 18 |
| • Climagramme d'EMBERGER..... | 18 |
| • La neige..... | 19 |
| • Le vent..... | 19 |
| • Lithologie et pédologie..... | 19 |
| • Réseau hydrique..... | 20 |
| • Relief..... | 21 |
| 1.3.2. Caractéristiques biotique..... | 21 |
| • Faune..... | 21 |
| • Flore..... | 22 |

Deuxième Partie: Etude Expérimentale.

Chapitre 4: Matériels et Méthodes

| | |
|--|----|
| 1. Choix des stations écologiques | 23 |
| 2. Prélèvement du Matériel Végétal | 24 |
| 2.1. Protocole d'échantillonnage | 24 |
| 2.2. Matériel..... | 24 |
| 3. Traitement des échantillons..... | 24 |
| 3.1. Préparation des échantillons | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.2.L'inter-datation et datation des cernes..... | 25 |
| 3.3. Mesure de la largeur des cernes..... | 25 |
| 3.4. Analyse de données brutes de la croissance | 26 |
| 3.4.1. Etablissement des courbes de la croissance | 26 |
| • Série élémentaire..... | 26 |
| • Série individuelle..... | 26 |
| • Série maîtresses..... | 26 |
| 3.4.2. Analyse numérique | 26 |
| • Epaisseur moyenne des cernes(EMC)..... | 26 |
| • La sensibilité moyenne(SM)..... | 26 |
| • Coefficient d'interdatation (CI)..... | 27 |
| 3.5. Analyse des données standardisées | 27 |
| 3.5.1. Standardisation | 27 |
| • Standardisation par la méthode ARMA(p,)..... | 27 |
| • Calcul des indices de croissance..... | 27 |
| • Recherche des années exceptionnelles de la croissance..... | 27 |
| 4. Relation entre l'attaque de la chenille et la croissance de Cèdre de l'Atlas | 28 |
| • Indice de résistance..... | 28 |
| • Indice de reprise ou récupération..... | 28 |
| • Indice de résilience..... | 28 |

Chapitre 5: Résultats et Discussions

| | |
|--|----|
| 1. La hauteur et circonférence des arbres..... | 29 |
| 2. Analyse des données brutes | 29 |
| 2.1. série élémentaire | 29 |
| 2.2.Série individuelle..... | 30 |
| 2.3.Série maîtresse..... | 32 |
| 3. Analyse Numérique | 32 |
| 3.1. Epaisseur moyenne des cernes (EMC) | 32 |
| 3.2. Sensibilité moyenne (SM) | 33 |
| 3.3. Coefficient d'interdatation (CI)..... | 33 |
| 4. Analyse des données standardisées..... | 33 |
| 4.1. Modalisation de la croissance radiale (ARMA p, q) | 33 |

| | |
|--|----|
| 5. Recherche des années exceptionnelles de la croissance | 34 |
| 5.1. Chronologie et courbe de résidus..... | 34 |
| 6. Impact des défoliateurs sur la croissance et la vitalité du cèdre | 35 |
| 6.1. Indice de croissance..... | 35 |
| 6.2. Indice de résistance..... | 37 |
| 6.3. Indice de récupération | 37 |
| 6.4. Indice de résilience | 38 |
| 6.5. Indice de résilience relative | 39 |
| Conclusion..... | 40 |

Introduction

Introduction

L'Algérie est un grand centre de diversité biologique ; sa position géographique et la structure de ses étages bioclimatiques font de ses terroirs un gisement relativement important de ressources génétiques (Boukerker, 2016), les massifs forestiers couvrent environ 4 millions d'ha, soit moins de 2% de la superficie du pays (Bouchou, 2015). Parmi les forêts qui représentent une valeur biologique exceptionnelle et un intérêt biogéographique irremplaçable, la forêt du cèdre de l'Atlas (Toth, 1980).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence forestière endémique des montagnes de l'Afrique du Nord. (Derak et al., 2008) et à l'époque actuelle a pris une importance considérable dans le monde forestier du pourtour méditerranéen et possède une valeur écologique irremplaçable. En Algérie, le cèdre occupe une surface d'environ 25 à 29 mille ha dans l'Atlas Algérien. Malheureusement, il est sujet à une dégradation continue, suite au phénomène de dépérissement (Toth, 1980).

Les premières observations de ce dépérissement remontent à 1982 (Bentouati, 2008). Les causes de cette dégradation sont multiples. Elles peuvent être liées à la fois aux aléas climatiques, notamment les épisodes de sécheresse, ou à l'action humaine (surpâturage, de l'exploitation non contrôlée, des coupes illicites, les incendies et l'absence d'une gestion sylvicole) (Messaoudene et al., 2013). D'autres facteurs d'affaiblissement interviennent, tels que les insectes défoliateurs (*Thaumetopea sp*) et les champignons comme l'Armillaire, qui est fréquemment observée sur les arbres morts (Toth, 1980 ; Bentouati, 2008).

Ces investigations suggèrent dans leur ensemble que le dépérissement du cèdre est un phénomène écologique complexe où la part de l'insecte défoliateur est importante. Il est donc nécessaire de multiplier les travaux de recherche dans les différentes zones en vue d'accumuler davantage de données permettant de mieux cerner l'impact des défoliateurs sur l'état de santé des peuplements du cèdre.

C'est précisément dans cette optique que ce travail est entrepris dans le parc National de Theniet El Had abritant l'une des plus importantes cédraies algériennes. Nous présentons dans cette étude deux grandes parties :

Une première partie qui est une synthèse bibliographique comprenant

- Le chapitre 1 : qui traite des Caractéristiques générales du Cèdre de l'Atlas.
- Le chapitre 2 : qui s'intéressera au problème de dépérissement (les insectes défoliateurs).

Une deuxième Partie qui est l'étude expérimentale comportant

- Un chapitre 3 qui présentera la zone d'étude.

Introduction

- Un chapitre 4 : qui porte sur le Matériel et les méthodes utilisés.
- Un chapitre 5 : pour présenter les résultats et la discussion.

Et enfin, nous terminerons notre étude par une conclusion générale

Première partie
étude bibliographique

Chapitre 1

généralité sur le cèdre de l'Atlas

1. Généralités sur le cèdre

Le « Cèdre » c'est une espèce montagnarde à une importance considérable dans le monde forestier du pourtour méditerranéen. Dans ces contrées est formé spontanément trois blocs géographiques qui ont subsisté après la glaciation du quaternaire (Toth, 1980 ; M'hirit, 1999).

1) Bloc de Afrique du Nord, *Cedrus atlantica* Manetti : comprend l'Atlas marocain (13000 ha), le Rif (15000 ha) et l'Atlas Algérien (40000 ha) (Mhirit, 1999).

2) Bloc de L'Asie mineure, se devise en deux parties occupées chacune par une espèce particulière (Mhirit, 1999):

- *Cedrus libani* Barrel: comprend (1700 ha) au Liban, quelque centaines d'hectares en Syrie et plus de (160000 ha) en Turquie, dans le Taurus et l'Aman sen.
- *Cedrus brevifolia* Henry : comprend l'île de chypre, en forêt de Paphos sur une aire très restreinte.

3) Bloc d'Himalaya, *Cedrus deodara* Loudon : comprend les grands massifs de l'inde et de l'Afghanistan sur le Nord-Ouest de l'Himalaya entre 1350 m et 3500 m d'altitude (Mhirit, 1999).

2. Caractères botaniques du genre *Cedrus*

Les principaux caractères botaniques et biologiques des différentes espèces appartenant au genre *Cedrus* sont présentés dans le tableau 1.

Tableau N°1 : Caractères botaniques et biologiques comparés de quatre espèces du genre *Cedrus* (Debazac, 1991).

| Espèces | <i>Cedrus atlantica</i> | <i>Cedrus libani</i> | <i>Cedrus brevifolia</i> | <i>Cedrus deodara</i> |
|-----------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| Hauteur | 40 m | 40 m | 15 m | 70 m |
| Bourgeons | Petit, ovoïdes-globuleux, beige clair ou bruns. | Petit, d'un gris brun violacé | | Ovoïdes, petits, d'un beige clair. |
| Tailles des aiguilles | 25 mm | 15 à 35 mm | 5 à 8 mm | de 30 à 50 mm |
| Cônes | 5 à 8 cm. | Cônes ovoïdes, de 7 à 10 cm. | Cônes petits, de moins de 7 cm. | Cône ovoïde, de 7 à 12 cm |
| Graines | 10 à 14 mm ,(poids de 1000 graines : 60 à 100 g | Poids de 1000 graines : 75 à 80 g | | Triangulaire, de 15 à 17 mm, poids 1000 graines : 110 à 200 g |

3. Caractères botanique du Cèdre de l'Atlas

Les principaux caractères botaniques et biologiques du cèdre d'Atlas sont présentés dans le tableau 2.

Tableau N° 2 : les caractères botanique de cèdre de l'Atlas (Becker et *al.*, 1981 ; Becker et *al.*, 1983).

| Organes | Caractéristiques |
|----------------|---|
| Rameaux | Deux sortes : -court, dressés, terminés par un bouquet d'aiguilles ; -longs, gris jaunâtre, portant des aiguilles dispersées ; |
| Ecorce | Jeune, jaune-brun, puis brun grisâtre, longtemps lisse, puis écailleuse, crevassée. |
| Bourgeons | Petits, écailleux, brun jaunâtre. |
| Feuilles | Aiguilles persistantes à section losangique, vert foncé, rigides, courtes (15 à 25 mm) |
| Fleurs | -mâles en chatons ovoïdes dressés, orangés, au sommet des rameaux courts ; -femelles en petits cônes ovoïdes verdâtres, puis violacés, au sommet des rameaux courts de la cime ; |
| Fruits graines | Gros cônes ovoïdes dressés, se désagrègent sur l'arbre (maturation en 2 ou 3 ans), à grosses graines (10 à 14 mm) à aile large |

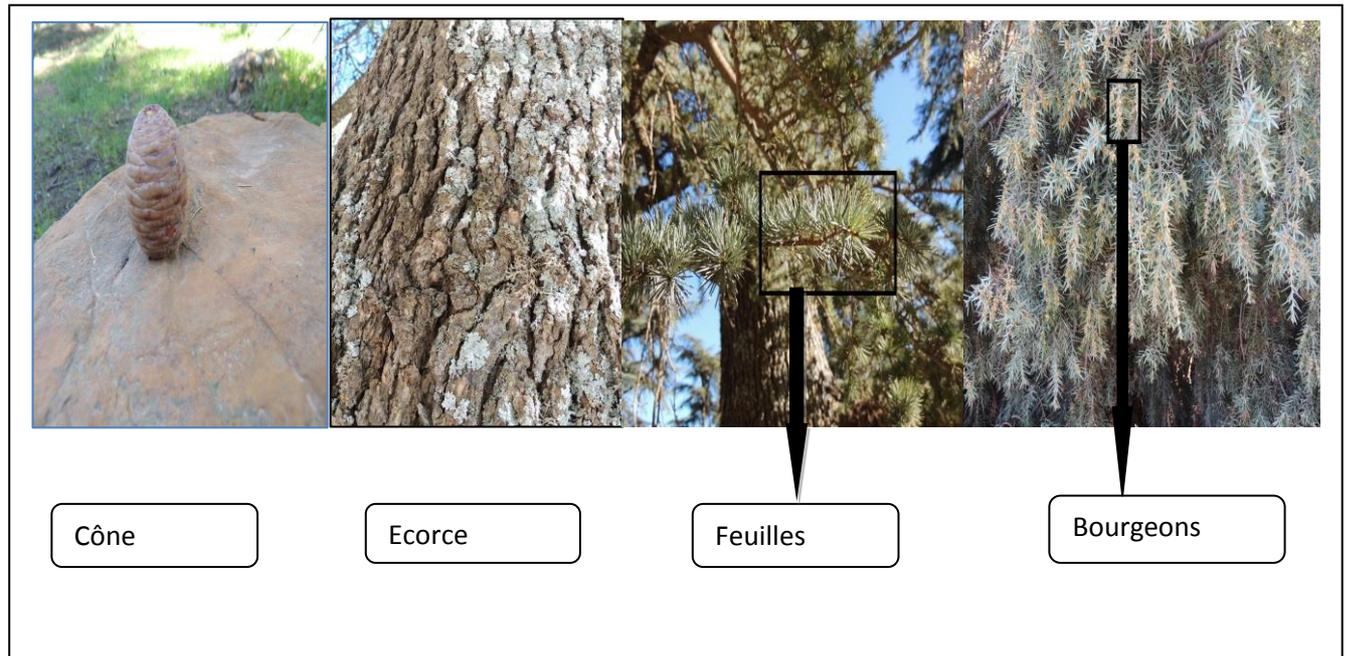


Fig.1. Cèdre de l'Atlas : Feuilles, Cône, Ecorce, Bourgeons (Bettefal et Boukhadia, 2020)

4. Bref historique du cèdre de l'Atlas

Le Cèdre de l'Atlas présent dans l'Akfadou, El-Kala, Biskra et le Hoggar entre 25000 et 9000 ans, il est donc en Algérie depuis au moins 40000 ans (Messaoudene et *al.*, 2013).

Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti *ارز الاطلس*), a été introduit depuis longtemps dans quelques pays de 1886 en France, 1864 en Italie, 1890 en Bulgarie, Pennsylvanie, New York, Côte pacifique. Introduit en URSS, en Crimée et dans le Caucase vers 1890, d'abord comme espèce ornementale, et ensuite comme espèce de reboisement (Mhirit, 1999).

5. Position systématique de cèdre de l'Atlas

Selon : (Madjour, 2015)

Embranchement : *Spermaphytes*.

Sous embranchement : *Gymnospermes*.

Classe : *Vectrices*.

Ordre : *Coniférales*.

Sous ordre : *Abiétés*.

Famille : *Pinacées*.

Sous famille : *Abiétés*.

Genre : *Cedrus*.

Espèce : *Cedrus atlantica*.



Fig.2. Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El Had (Bettetal et Boukhadia, 2020)

6. Localisation de cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas est une espèce forestière endémique de l'Afrique du Nord (Algérie, Maroc), et protégé par la loi (décret n°93\285 du 23 novembre 1993 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées en Algérie) (Houamel, 2012).

Essence des montagnes de l'Afrique du Nord, dans l'aire s'étend à partir de 1400 à 2800 m d'altitude et se développant à l'étage humide et froide (Debazac, 1991; Houamel, 2012).

6.1. Au Maroc

-une part dans le Rif, au-dessus de 1400 m d'altitude sur les versants atlantique et de 1600 m sur les versants méditerranéens, en mélange notamment avec *Abies marocana* et *Quercus mirbecki* (Debazac, 1991).

-Autre part dans la montagne de Taza (J. Bou Iblana), dans le moyen-Atlas central (Azrou-Itzer) le cèdre se rencontre entre 1600 et 2200 m d'altitude, et le Grand-Atlas oriental (Ayachi-Masker) (Debazac, 1991).

6.2. En Algérie

Massifs montagneux de l'Ouarsenis, Theniet El Had, de l'Atlas mitidjien, des Babors (en mélange avec *Quercus mirbecki* et *Abies numidica*), du Hodna et des Aures. Il se rencontre entre 1400 et 2200 m d'altitude. La surface occupée par cette espèce est un sujet de controverse entre les différents auteurs, elle varie entre 16000 ha et 29000ha (Tableau 03).

Tableau N° 3 : Estimation de superficie (ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie.

| Source | Toth, 1980 | Anonyme, 1986 | Quezel, 1998 <i>in</i> Bentouati, 2008 | DGF, 2012 <i>in</i> Messaoudene <i>et al.</i> , 2013 |
|------------------|------------|---------------|---|--|
| Cèdre de l'Atlas | 20000 ha | 16000 ha | 17000 ha | 25000 à 29000 |

Selon le climat, les cédraies algériennes appartiennent aux étages bioclimatiques semi-aride, subhumide et humide (Tableau 04).

Tableau N° 4 : la répartition des cédraies algériennes selon le climat (Abdessemed, 1981 *in* Beloula, 2010).

| Types de Cédraie | Région | Superficie (ha) |
|------------------|----------------|-----------------|
| Cédraies sèches | Aurès | 12022 |
| | Hodna | 8000 |
| | Thaniet El Had | 1000 |
| Cédraie humides | Babor | 1300 |
| | Djurdjura | 1200 |
| | Atlas Blideen | 1000 |

7. La croissance du Cèdre de l'Atlas

7.1. Le débourrement

Il démarre dès le mois d'avril, l'allongement des pousses ne suit pas immédiatement le débourrement, et de ce fait, les arbres ne subissent pas de très gros dommages par les gelées tardives (Boukerker, 2016).

7.2. La croissance

C'est la combinaison d'une multiplication et d'une élongation cellulaire. Sous l'action du rayonnement solaire et du déficit hydrique atmosphérique (Aussenac *et al.*, 1981 *in* Boukerker, 2016).

La croissance en hauteur est freinée lorsque le potentiel hydrique de fin de nuit, tandis que la croissance radiale est favorisée par les pluies hivernales et les basses températures hivernales (janvier, février) (Boukerker, 2016).

La croissance racinaire, elle s'alterne avec la croissance aérienne, en décembre-janvier, mais pendant le débourrement (Boukerker, 2016).

8. Les ennemies du cèdre de l'Atlas

8.1. Les incendies

Les incendies récurrents de 1954 à 2012, sont la cause prépondérante de dégradation directe des cédraies algériennes. Ce fléau, plus fréquent, a provoqué d'énormes pertes algériennes. A Tikjda par exemple, ont détruit plus de 800 hectares de cette cédraie (Messaoudene et *al.*, 2013).

8.2. Sécheresse

Les sécheresses prolongées (1875-1881 et 1996-2002), ont provoqué la mortalité du cèdre de l'Atlas dans la cedraie de Theniet El Had et Bélezma (Messaoudene et *al.*, 2013).

8.3. Les insectes

Le cèdre de l'Atlas peut être attaqué par les insectes tels que :

Des coléoptères foreurs (*Cerambycidae*, *Scolytinae*, *Buprestidae*), des Tortricidae (*Lepidoptera*), des Anobiidae (*Coleoptera*), des Torymidae (*Hymenoptera*) sur les cônes, des pucerons (*Cinara*spp, et *Illinoiamorrisoni*, *Hemiptera*), des Notodontidae (*Lepidoptera*) du genre *Thaumetopoea* dont la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea bonjeani* (Germain et *al.*, 2014).

8.4. L'homme

Fort impact des civilisations romaine, Arabo-musulmane, Ottomane et Française sur les cédraies attesté par le défrichage, la surexploitation (245 m³ à 150000 entre 1940-1946), extraction de résine et surpâturage (Messaoudene et *al.*, 2013).

9. Le dépérissement de cèdre de l'Atlas

Les problèmes de dégradation des peuplements forestiers (feuillus et conifères) sont très anciens et remontent à la fin du 19^{ème} siècle, dans de nombreux pays, comme l'Europe et l'Amérique du Nord, Nord de l'Afrique (Boukerker, 2016).

Dans le Nord de l'Afrique, les peuplements du cèdre algérien et marocain présentent une détérioration continue provoquée par multitude de facteurs (Boukerker, 2016).

Le dépérissement est un processus évolutif, faisant intervenir de multiples causes, l'arbre perd la vitalité progressive et les mortalités d'organes pérennes (Anonyme, 2007). En Algérie, le dépérissement du cèdre de l'Atlas n'est pas récent. La période de la sécheresse intense de 1875 à 1888 aurait déjà occasionnés d'importants dégâts sur le cèdre (Bentouati, 2005 *in* Nezar-Kebailli, 2009). Le dépérissement des cédraies dans le moyen Atlas, déclenché depuis

2001, est un phénomène complexe dont les facteurs responsables peuvent être très diversifiés (Mouna, 2009).

Chapitre 2

généralité sur l'insecte défoliateur

1. Processionnaire du cèdre (*Taumatopoea bonjeani*)

1.1. Systématique Selon (Gachi, 2004) :

Embranchement : Arthropoda

Ordre: Lepidoptera

Famille: Thaumetopoeidae

Genre: *Thaumetopoea*

Espèce: *bonjeani*

1.2. Cycle développement de *Thaumotepoea bonjeani*

Selon (Gachi, 1994) :

- La femelle dépose les œufs dans la deuxième semaine du mois d'août.
- Le nombre moyen réel déposé par femelle est 170 œufs.
- Les femelles pondent les œufs sur les faces inférieurs des rameaux de cèdre et les recouvert par des écailles de couleurs cendrée pour donnent couleurs aux ponte une homochromie par fait avec les rameaux ce qui les rends difficiles à repérer.
- Les œufs ont un arrêt de développement durant la mauvaise saison et n'éclore qu'a la mi-avril quand la température deviennent plus clémentes et où il y a reprise du développement végétatif des cèdres.
- A la fin de troisième semaine de juin les chenilles de dernier stade descendent des arbres et vont pour chercher un endroit adéquat pour s'enfouir sous terre.
- Les processions débutent tôt le matin, elles stoppent la pratique vers 11h du matin pour reprendre dans l'après-midi.
- Les processions se poursuivre jusqu'à la fin de la deuxième semaine de juillet.
- Les chenilles enfuissent sous terre vont tisser des cocons à l'intérieur duquel elles se transforment en chrysalides.
- Toutes les chrysalides ne deviennent pas adultes la même année, elles restent en diapause et n'émergeront qu'une ou plusieurs années plus tard.
- A la fin de la première semaine du mois d'août les émergents débutent et cessent vers la mi-septembre.

1.3. La description de l'insecte

Selon (Gachi, 1994) :

1.3.1. Mâle

- Font pourvu d'une carène.
- Thorax dorsalement recouvert de poils long, gris brun meulés de poils blancs.
- Abdomen à court poils et fauves sur les tergites.

- Les sternites longs et blanc.
- Ailes antérieurs 15-16 mm, leurs dessus présentent des lignes Antée et post médianes équidistance à la cote et au bord inférieur de l'aile.
- Dessus les ailes postérieures blanc sale avec petite tâche brun.
- Dessous des ailes postérieures plus pâle que le dessus et aux dessins très atténués.

1.3.2. Femelle

- Plus grande que le mâle.
- Antenne plus fine.
- Touffe abdominale brune.
- Ailes antérieures étirées et d'un gris clair.

1.4. La répartition du *Thamotepoea bonjeani* :

L'aire potentielle de cet insecte correspond aux cédraies de haute altitude (Chrèa, Djurdjura, Babors, Boutaleb, Thaniet El Had, Aurès et Belezma) (Gachi, 1994).

1.5. Les ennemis naturels

Les œufs sont parasités par *Oencyrtus pityocampae*, *Tetrasticus servadei* signalé pour la première fois sur un hôte autre que la Processionnaire du Pin, *Trichogramma* sp., Au Maroc *Oencyrtus pityocampae* est le parasite le plus actif; *Tetrasticus servadei*; et *Trichogramma* détruisent un pourcentage d'œufs faible (Yousfi, 1994).

Les compétiteurs phytophages : *Thamotepoea pityocampa* et *Acleris undulana*: Au moment de l'éclosion de la Processionnaire du cèdre, les arbres sont déjà défeuillés par les derniers stades de *T. pityocampae*. Aux derniers stades larvaires, *Acleris undulana* qui défeuille en même temps que *T. bonjeani*, concurrence les chenilles de celui-ci et le manque de nourriture peut affecter les performances et provoquer des mortalités chez *T. bonjeani* (Yousfi, 1994).

2. La chenille processionnaire du pin : (*Thaumotepoea pityocampa*)

2.1. Systématique Selon (Rivierre, 2011) :

Embranchement : Arthropoda

Ordre : Lepidoptera

Famille : Notodontidae

Genre : *Thaumotepoea*

Espèce : *Pityocampa*

2.2. La répartition du *Thaumotepoea pityocampa*

Elle présente sur plusieurs pays :

France, Italie, Algérie, Croatie, Liban, Maroc, Tunisie, Turquie, Espagne, Portugal, en Suisse, et au niveau de la mer au bord de la Baltique (Sbabdji, 2012).

2.3. Cycle développement de *Thaumotepoea pityocampa*

Selon (Rivierre, 2011) :

- Mars jusqu'à avril ; les chenilles quittent leurs nids et partent en procession pour chercher un site pour leurs métamorphoses.
- Mai jusqu'à juin ; les chenilles s'enfouissent dans le sol après se transformé.
- A la fin d'été ; la femelle pond jusqu'à 200 œufs.
- Les adultes meurent au plus tard deux jours après l'accouplement.
- A l'automne ; les chenilles partent en groupes à la recherche d'aiguilles.
- Elles passent par 5 stades de croissance entre chaque stade elles changent leur peau.
- En hiver ; les chenilles tissent nid pour passer les moins plus froid serrées les unes contre les autres.

2.4. Les ennemis naturels

Les parasites zoophages rencontrés au Moyen Atlas sont: *Tetrasticus servadei*, *Oencyrtus pityocampae* .

Les parasites des chenilles, présents au Moyen Atlas sont: *Phryxe caudata*, *Diptère tachinidae*, *Exorista* sp, Sur les chrysalides nous avons relevé la présence de *Phryxe caudata* et deux *Dip. Bombylidae*: *Villa brunea* et *Villa* sp et d'un *Hymenoptère ichneumonidae*, *Erigorgus femorator* Deux parasites secondaires sont également notés: *Hemipenthes velutinus meig* et *Hemipenthes morio* L. (Yousfi, 1994).

2.5. Les dégâts

Selon (JOLY ,1975) :

Il y a une relation proportionnelle entre la défoliation des pins et la densité de la population de processionnaire du pin (quand la densité de la population est élevée, la défoliation sera élevée), on peut avoir des conséquences pour la croissance ou la vie des arbres.

Les répercussions de défoliations sont de courte durée.

Celles des défoliations totales peuvent entraîner des pertes de matière considérables. Les pertes sur le diamètre peuvent représenter, pour les dix années qui suivent la défoliation, 50 à 80% de la croissance des témoins.

2.6. Essences attaquées

Selon (Joly ,1975) :

- les pins: *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus radiata*,
- Les Cèdres : *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*



Fig.3. Un nid de la chenille processionnaire sur un sujet du cèdre au Parc National de Theniet El Had (Bettetal et Boukhadia, 2020)

Chapitre 3

Présentation de la zone d'étude

1. Présentation générale du parc National de Theniet El Had

1.1. Historique du parc

Malgré une histoire tumultueuse résultant de toutes les invasions que le pays a connues, la forêt de Theniet el Had est restée féerique d'Algérie renferme des rares cédraies et l'unique, qui constitue une barrière sud du domaine méditerranéen et qui offre des curiosités botanique intéressantes (Bessah ,2005 ; DGF, 2006).

Le fort militaire colonial de Theniet El Had fut installé en avril 1843. Cette merveille naturelle attira de délégué financier Jordan qui construisit plus tard un chalet au Rond-point, en 1887 et l'utilisa pendant trente-six années consécutives (DGF, 2006).

Les soins de surveillance particuliers de la part de service forestier ont conduit le gouvernement général de l'Algérie à créer la cédraie de Théniet El Had un premier parc National de l'Algérie en 03 août 1923 pour la valeur artistique de la forêt, sur une superficie de 1563 ha (DGF, 2006).

Après l'indépendance, le gouvernement algérien a protégé cédraie et déclaré parc National le 23 juillet 1983 par décret n° 83-459, sur une superficie de 3424 ha (DGF, 2006).

1.2. Situation géographique

Communément appelé Forêt de Meddad, le parc est situé entre les versants de djebel el Meddad, le parc est distant de 02 Km de la ville de Theniet El Had. Il se trouve sur le versant sud de l'Atlas Tellien, dans le prolongement du massif de l'Ouarsenis. La forêt du cèdre occupe une surface de 1000ha (DGF, 2006 ; Sarmoum, 2016). Cette superficie es divisée en 10 Cantons (Fig.5)

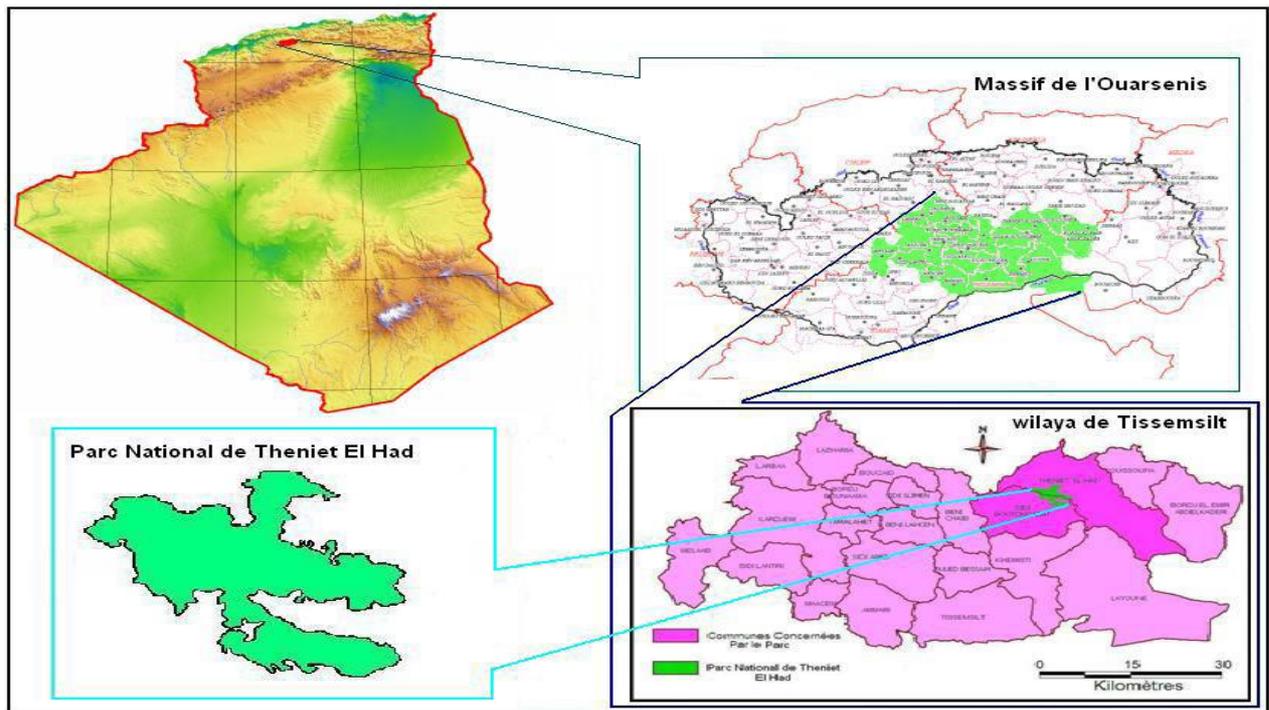


Fig.4. Localisation du parc national de Theniet El Had (Mairif, 2013 in Abdallah-Mahdjoubi et Zerka, 2018).



Fig.5. Carte des cantons du parc national de Thaniet El Had (PNTEH, 2002 in Bourorga, 2016).

1.3. Caractéristiques abiotiques et biotiques

1.3.1. Caractéristiques abiotiques

✓ Le climat

Bien que le nord de l'Algérie soit sous l'influence du climat méditerranéen. Cependant, il existe une différence de climat d'une région à l'autre. (Rivas-Martinez et al., 2011 in Sarmoum, 2016).

La raison de cette différence est due à l'ensemble de facteurs du milieu, comme la topographie, l'éloignement par rapport la mer et le couvert végétal. (Péguy, 1970 in Sarmoum, 2016).

✓ Les températures

L'altitude joue un rôle important dans le changement de température d'une région à l'autre, car les stations à haute altitude enregistrent des températures froides tout au long de l'année (Sarmoum, 2016).

les données des températures de Thaniet El Had (°C) sont présentés dans le tableaux 5.

Température moyenne minimale du mois le plus froid (m) : 0,2 °C

Température moyenne maximale du mois le plus chaud (M) : 32°C

Température moyenne annuelle : 13,6 °C

Amplitude thermique : M-m= 31,8°C

Tableau N°5 : données des températures de Thaniet El Had (°C) (Ihaddaden, 2016).

| | J | F | M | A | M | J | J' | A | S | O | N | D | année |
|---|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| Moyenne minimums du mois le plus froid (m °C) | 0,2 | 1,2 | 4,0 | 6 | 9,5 | 12,8 | 15,9 | 16,3 | 13,4 | 9,4 | 4,1 | 2,2 | 7,9 |
| Moyenne maximums du mois le plus chaud (M °C) | 9,2 | 10,3 | 13 | 16,5 | 20 | 27,7 | 31,6 | 32 | 25,9 | 20,1 | 13,8 | 9,8 | 19,2 |
| Température moyenne mensuelle et annuelle | 4,7 | 5,7 | 8,5 | 11,2 | 15,2 | 20,2 | 23,7 | 24,1 | 19,6 | 14,7 | 8,9 | 6 | 13,5 |

✓ Précipitations

Le massif de l'Ouarsenis est bien arrosé par rapport au reste de l'Algérie occidentale relativement sèche (Medjrab, 2005 in Sarmoum, 2016).

La quantité de pluie, irrégulière durant l'année, s'élève en moyenne à 792 mm (DGF, 2006).

Les principales conditions climatiques de Theniet El Had sont présentées dans le tableau 6.

Tableau N°6 : Conditions climatiques de Theniet El Had (Ihaddaden, 2016).

| | Theniet El Had |
|--|----------------|
| Latitude | 35° 52 N |
| Longitude | 2° 1 E |
| Altitude | 1160 m |
| Période (années) | 1968-1995 |
| Précipitation moyenne annuelle (MPA mm) | 620 |
| Quotient de la précipitation mensuelle (mm) | 0,537 |
| Moyenne pluviosité estivale (mm) | 38 |
| Moyenne annuelle du nombre de jours de pluie | 72 |
| Evapotranspiration ($m \setminus year$) ^c | 0,48 |

Régime pluviométrique saisonnier confiné entre 38 et 248 présentées dans le tableau 7.

Tableau N°7 : Régime pluviométrique saisonnier (Ihaddaden, 2016).

| | Theniet El Had |
|-----------|----------------|
| Hiver | 248 |
| Printemps | 177 |
| Eté | 38 |
| Automne | 165 |

Pluviosité mensuelle sont présentés dans le tableau 8 extrapolée à partir des observations de Seltzer (1946)

Tableau N°8 : Pluviosité mensuelle

| | J | F | M | A | M | J | J' | A | S | O | N | D |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|
| Theniet el had | 89 | 76 | 70 | 51 | 56 | 24 | 7 | 7 | 40 | 51 | 74 | 83 |

Les deux tableaux précédents (Tableau7 et Tableau8), représentent la période de plus grand pluviosité qui correspond aux mois de Décembre, Janvier et Février, c'est-à-dire la saison d'hiver, et la période de précipitations minimale en Juin, Juillet et Août, c'est-à-dire en été.

✓ Diagramme Ombrothermique

La période sèche est déterminée grâce à la combinaison dans un graphique de deux courbes : un diagramme de précipitation et des températures. Le mois est sec lorsque les précipitations mensuelles sont égale ou inférieures à deux fois la température mensuelle moyenne $P \leq 2T$, cela apparaît graphiquement lorsque les deux courbes se croisent, celle des précipitations passent au-dessous de celle des températures (Bagnouls et Gausson, 1957 *in* Ihaddaden, 2016).

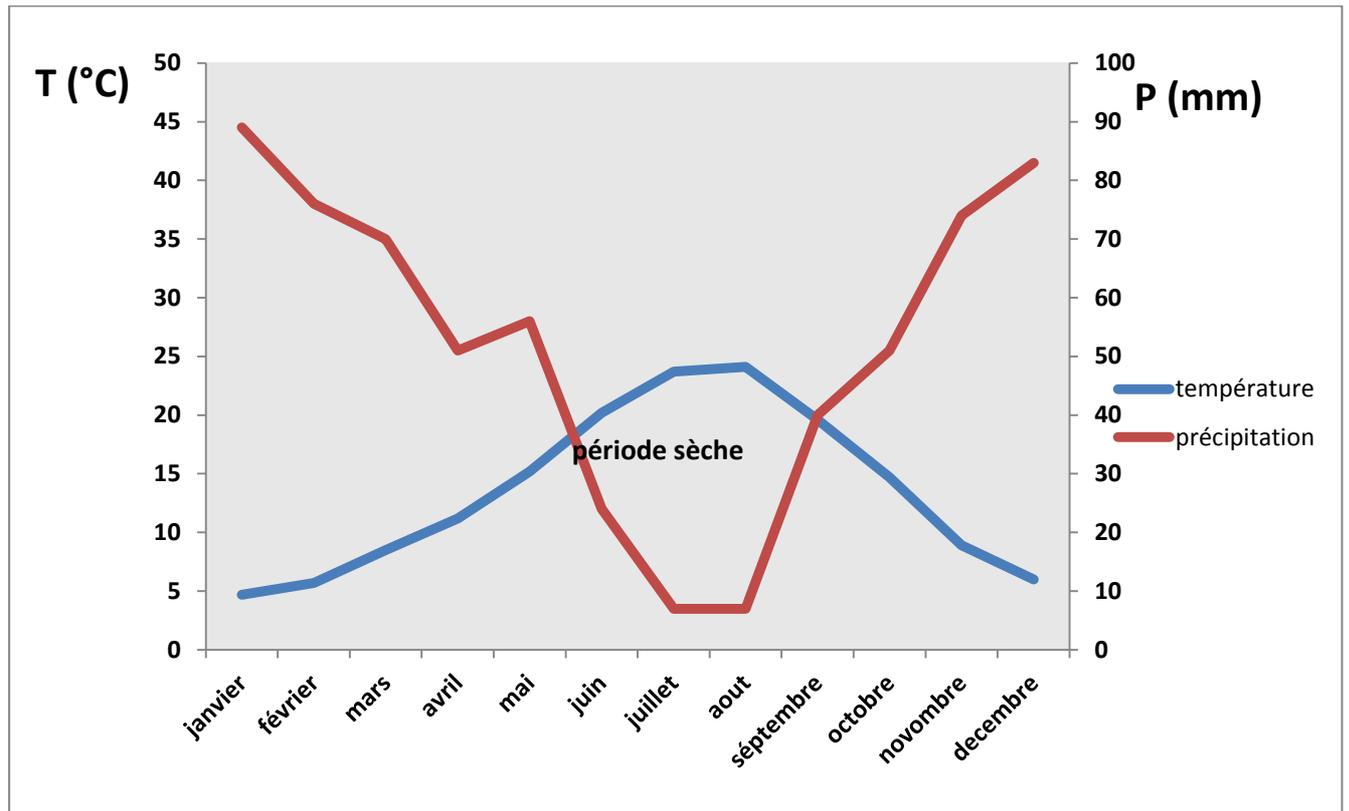


Fig.6. Diagramme Ombrothermique Theniet El Had

La courbe (Fig.6) indique que la période sèche s'étend du début Juin à la fin d'Août, c'est-à-dire la saison estivale, et la saison humide commence de Septembre à la fin Mai, c'est-à-dire en hiver, en automne et au printemps.

✓ Climagramme d'Emberger

La détermination de l'étage bioclimatique du Parc de Theniet El Had, se fera à travers la formule du quotient d'EMBERGER, ce dernier permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. (Emberger, 1955 *in* Ihaddaden, 2016) Il est déterminé à partir de la formule:

$$Q2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

- Q2 : Quotient d'EMBERGER ;

- P : Précipitation annuelle (mm) ;
- M : La température maximale du mois le plus chaud (°Kelvin) ;
- M : La température minimale du mois le plus froid (°Kelvin) ;

Où $T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273,2^{\circ}C$

D'après le climagramme (Fig.7), le bioclimat de la zone d'étude varie du semi-aride à hiver frais (853m) à l'étage humide à hiver froid (1787m).

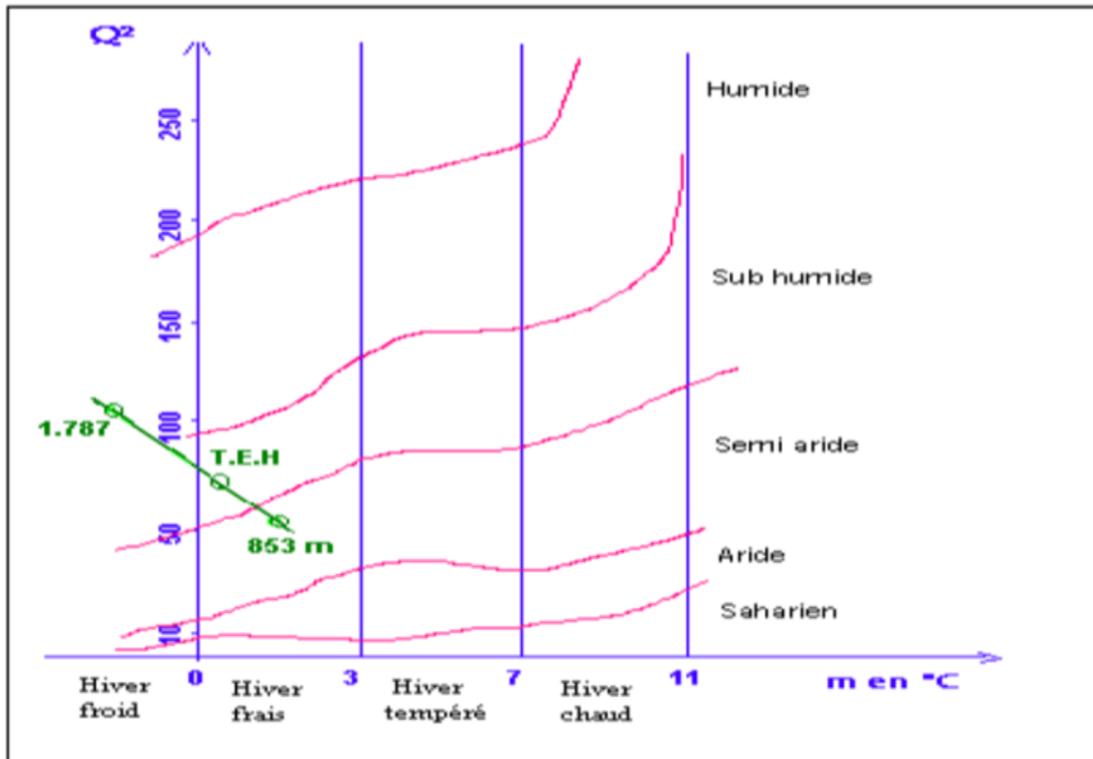


Fig.7. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER (Anonyme, 2008).

✓ La neige

La neige est d'une grosse importance dans les zones montagneuses. En conséquence, le sol et donc les plantes en bénéficient. La durée moyenne d'enneigement dans la région de Theniet El Had est de 22 jours mais elle n'est pas toujours régulière (Ihaddaden, 2016).

✓ Le vent

La valeur maximale de force du vent enregistré dans la cédraie a lieu pendant la saison hivernale dont les vents dominants sont ceux du Nord et du Nord-Ouest. (DGF, 2006 ; Abdellah Mahdjoubi et Zerka, 2018) et le vent chaud et sec, souffle pendant la période estivale du Sud au Sud-Ouest. (Zedek, 1993 in Abdellah-Mahdjoubi et Zerka, 2018).

✓ lithologie et pédologie

Le substrat du parc de Theniet El Had remonte de l'éocène supérieur. Les sédiments oligocènes sont à la base de la structure géologique de cette zone. Ils sont développés en

faciès numidien. Les sols sont peu évolués, d'apport colluvial. Ce sont des sols non carbonatés. Ils sont assez maigres, peu profonds, jalonnés souvent par la roche mère et entrecoupés d'escarpements rocheux avec des hauteurs considérables (DGF, 2006).

Au niveau du PNTEH on trouve les trois types de sol suivant (Anonyme, 1984) :

- Les sols peu évolués : ils sont pauvres en matière organique, à texture grossière.
- Les sols minéraux bruts d'érosion : ils sont peu profonds, de texture à particules grossière, avec un PH neutre.
- Les sols brunifiés lessivés : ce sont des sols au profil pédologique complet de type ABC, riche en Potassium, Azote, et matière organique.

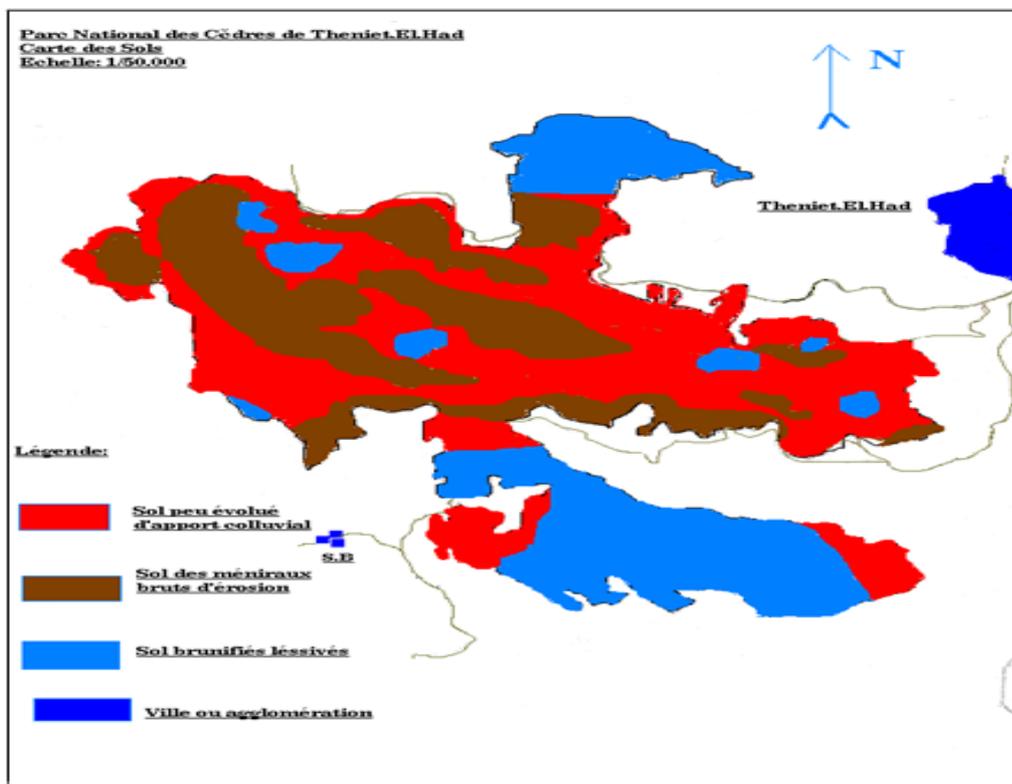


Fig.8. Carte de sols du parc national de Theniet El Had (PNTEH, 2002).

✓ Réseau hydrique

C'est un réseau très ramifié, alimenté par les eaux de précipitations. On y recense sept sources réparties à travers les cantons comme suit (Taleb, 2011) :

- Ain Harahar..... Canton Rond-point
- Ain Touila..... Canton Sidi Abdoun
- Djedj El Ma..... Canton Ourtène
- Guiguel..... Canton Kef sachine

- Chragua..... Canton Guerouaou
- Toursout..... Canton Pré-Benchohra
- Plate-forme..... Canton Pépinière

✓ Relief

Le parc représente globalement deux expositions principales (Abedellah-Mahdjoubi et Zerko, 2018) :

- Le versant Nord entrecoupé de quelques cuvettes encaissées et la crête principale caractérisé par le point culminant du Parc National de Thaniet El Had à 1786 m (Ras El-Braret).
- Le versant Sud est d'une assez forte inclinaison, la longitude du terrain est assez vaste environ le double du premier.

1.3.2. Caractéristiques biotiques

Une forêt qu'on dirait née par une magie superbe du créateur, il est la barrière sud du domaine méditerranéen ce qui offre des curiosités botaniques surprenantes par sa biodiversité, qui donne un aspect artistique (DGF, 2006).

✓ Faune

L'avifaune de Theniet El Had est très diversifiée et représentée par 95 espèces dont 60 % sont nicheurs. Parmi elles, il y a lieu de citer l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*), l'aigle de Bonelli (*Hieraaetus fasciatus*), le vautour percnoptère (*Neophron pecnopteurs*), la buse féroce (*Buteo buteo*), le faucon lanier (*Falco biarmicus*), le guêpier d'Europe (*Merops apiaster*), le verdier (*Carduelis chloris*), le pic vert (*Picus viridis*), le rolhier d'Europe et l'engoulevent (DGF, 2006).

Il existe neuf espèces de mammaliennes protégées par n°83.509 du 20 août 1983 et par arrêté du 17 janvier 1995. Il s'agit principalement du lynx caracal, du chat sauvage, de la genette, de la mangouste, de la belette et du porc-épic (DGF, 2006).

Quatre-vingt espèces d'insectes : sont inventoriées dans le parc, allant de la coccinelle jusqu'à la courtilière, en passant par la cétoine dorée, la mante religieuse, le graphosome, la punaise à bouclier, le pyrhocore, le cérambyx, le lampyre, le machaon, le charançon, ... (DGF, 2006).

Les reptiles : couleuvre de Montpellier, la couleuvre à sabot, la couleuvre vipérine, l'agame de Biberon, la tortue grecque, le gecko des roches, le caméléon commun, le lézard ocellé et l'amphisbène sont les principaux reptiles du parc national. Parmi les amphibiens, on y rencontre le triton, le crapaud, la grenouille verte et la rainette verte (DGF, 2006).

✓ Flore

Le parc national de Theniet El Had renferme l'une des plus belles cédraies (*Cedrus atlantica*) et qui offre des curiosités botaniques intéressantes telles que le mélange unique de cèdre et de pistachier de l'Atlas (*Pistachia atlantica*), et il y a aussi le chêne zéen (*Quercus canariensis*), le chêne vert (*Quercus rotundifolia*) et le chêne liège (*Quercus suber*). C'est également le seul endroit dans le pourtour méditerranéen où le chêne liège monte à plus de 1600 m d'altitude (Bessah, 2005 ; DGF, 2006).

Nous y rencontrons, avec une moindre importance, le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le pistachier de l'Atlas (*Pistachia atlantica*), l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), le frêne commun (*Fraxinus angustifolia*), l'orme champêtre (*Ulmus campestris*) et le merisier (*Prunus avium*) (DGF, 2006).

Dans cette aire protégée on rencontre 10% des espèces endémiques du nombre national. Comme *Silene glaberrima*, *Spergula pycnorrhiza*, *Brassica spinescens*, *Iberis peyerimhoffii* sont quelques-unes parmi elles. Des espèces très rares comme l'orchis bouffon, l'orchis guêpe, l'orchis à punaise, l'orchis d'Italie et l'orchis singe y sont signalées. A côté de l'agaric champêtre (DGF, 2006).

Deuxième Partie

Etude Expérimentale

Chapitre 4

Matériels et méthodes

1. Choix des stations écologiques

Une station écologique est une notion synthétique résultant de l'interaction des facteurs écologiques et des organismes vivants présents en un lieu (Bonneau et Timbal, 1973). Pour notre étude, et compte tenu la situation sanitaire liée à la pandémie COVID19, une seule station écologique a été définie. Cette station se localise dans le canton « Pépinière ».

Le canton pépinière occupe une superficie de l'ordre de 82 ha, limité au Nord par la ville de Theniet El Had, à l'est par le canton kef sachine, au sud par le canton Sidi Abdoun et à l'ouest par le canton Guerouaou. Le canton pépinière est caractérisé par (Bourorga, 2016):

- Pente faible ≤ 20 % ;
- Altitude 1450 m ;
- Exposition Nord-Nord Est ;
- Forêt peut dense 65 % recouvrement globale ;
- Hiver froid ;
- Climat sub-humide ;
- Le cèdre est presque à l'état pur ;
- L'étagement de végétation est fortement caractérisé par la succession de taillis de *Quercus ilex* et de la futaie de *Cedrus atlantica*. Quelques pieds de *Quercus faginea* et de *Quercus suber* y sont sporadiquement recensés. On note aussi la présence de *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Juniperus oxycedrus*, *Asphodelus microcarpus*, *Genista tricuspidata* *Phalaris canariensis*, *Anagalis arvensis*, *Ombelicus rupestris*, *Taraxacum officinali*, *Dancus carrota*, *Hyoserus radiata*, *Cardelus psychocephalus*, *Torilis nadosa*. ;



Fig.9. Photos de la station (Le canton pépinière). (Bettefal et Boukhadia, 2020)

2. Prélèvement du Matériel Végétal

Cette partie vise à présenter le protocole du travail sur le terrain.

2.1. Protocole d'échantillonnage

- Pour notre station, 10 arbres (Tableaux N°9) ont été échantillonnés et deux carottes par arbre ont été prélevées à 1.30 m.
- Mesure la circonférence de chaque arbre à 1.30m à l'aide du mètre ruban tout en se positionnant systématiquement du côté amont de l'arbre.
- Mesure de la hauteur de l'arbre à l'aide du BLUME- LIESS .
- Le troisième travail consiste à effectuer un prélèvement de bois, par l'extraction des carottes au moyen d'un outil appelé tarière de Préssler .

2.2. Matériel

- ✓ Un mètre ruban
- ✓ Blum-Leiss
- ✓ La colle de bois
- ✓ Bande adhésive
- ✓ Tarière de Préssler
- ✓ L'huile à affuter
- ✓ Réglette
- ✓ Cutteur
- ✓ La mire



Fig.10. Matériels dendrométriques utilisés (Bettetal et Boukhadia, 2020).

3. Traitement des échantillons et analyse

Cette partie vise à présenter le protocole de travail au laboratoire.

3.1. Préparation des échantillons

Les carottes de bois sont collées sur des réglottes en bois puis séchées lentement. Avant la mesure des cernes proprement dite, il faut Planage par cutteur ou chez le menuisier, gratter les carottes pour les planer. Le ponçage avec un papier de verre à grain très fin pour visualiser les cernes (Lebourgeois, 2010).

3.2. L'inter-datation et datation des cernes

Dénombrer et dater chacun des cernes annuels visibles par la loupe. Pour connaître la date des cernes, Il faut tenir compte des erreurs éventuelles comme « faux cerne » ou « double cerne » (deux « bandes » de bois final formées la même année), « cerne manquant » : absence du cerne sur le secteur du tronc traversé par la carotte ou oubli d'un cerne ou cerne compté deux fois. Le principe fondamental de cette inter-datation repose sur l'existence « d'années caractéristiques ». Ces années témoignent d'événements extrêmes survenus dans la vie de l'arbre, l'action stimulante des facteurs climatiques sur la croissance (Lebourgeois, 2010).

3.3. Mesure de la largeur des cernes

La largeur du cerne au cours d'une année de croissance est l'épaisseur de la couche de bois formée par le cambium, et ce dernier estimé la vitesse de croissance radiale de l'arbre. La largeur moyenne du cerne ou, autrement dit, l'accroissement annuel est un paramètre fondamental dans le cadre de l'aménagement durable d'une forêt (Ait si said, 2017).



Fig.11. Matériels de préparation et de mesure des échantillons. (Bettetal et Boukhadia, 2020)

3.4. Analyse de données brutes de la croissance

3.4.1. Etablissement des courbes de la croissance

✓ Séries élémentaires

Série élémentaires c'est une série de mesure à chaque carotte qui donnent l'allure de croissance radiale de chaque carotte en fonction de la période de la formation des cernes. (Sarmoum, 2016). Sur ce type de chronologie il est de remarquer les variations d'épaisseur due à l'orientation du prélèvement et vérifier l'inter datation (Schweingruber, 1992 *in* Sarmoum, 2016).

✓ Séries individuelles

La moyenne des chronologies élémentaires d'un même arbre fournit la chronologie des épaisseurs de cernes de l'arbre dit chronologie individuelle et minimisée les variations liées à l'orientation. L'allure générale de la courbe individuelle permet de ressortir les années caractéristiques (Sarmoum, 2016).

✓ Séries maîtresses

La moyenne des séries élémentaires de chaque population est appelée chronologie maîtresse. Dans ce cas, les variations individuelles propres à chaque individu sont amoindries. Chacune d'elles schématise l'allure de croissance radiale moyenne des individus et minimise variations propres à chaque arbre dues aux facteurs intrinsèques et extrinsèques (Messoudene, 1989).

L'interprétation des courbes est basée essentiellement sur trois échelles (Sarmoum, 2016) :

- Echelle interannuelle ou variation de haute fréquence.
- Echelle de la décennie ou variation de moyenne fréquence.
- Echelle du siècle ou variation de basse fréquence.

3.4.2. Analyse numérique

✓ Epaisseur moyenne des cernes (EMC)

C'est la somme de toutes les épaisseurs des cernes d'une chronologie devisée sur le nombre de cerne (Sarmoum, 2016).

$$EMC = \sum C_i / N$$

C_i : épaisseur de cerne de l'année n .

N : nombre totale de cerne.

✓ La sensibilité moyenne (SM)

La sensibilité moyenne exprime la variation relative des épaisseurs de cerne, par comparaison d'une année n à la suivante, la sensibilité moyenne varie entre 0 et 2. Théoriquement, et il mesure la sensibilité des arbres au climat car elle est causée par l'interaction de facteurs environnementaux (Lebourgeois, 2010).

$$SM = \sum (| 2(X_{t+1} - X_t) | / | (X_{t+1} + X_t) |) / (n - 1)$$

n : nombre d'années disponibles.

X_t : épaisseur du cerne formé l'année t

✓ Coefficient d'interdatation (CI)

Il correspond au plus ou moins bon synchronisme des séries élémentaire dont est tissu la chronologie maitresse. (Lebourgeois, 2010). La formule de calcul est :

$$CI = SM / SM_i$$

SM : Sensibilité calculée sur la chronologie maitresse.

SM_i : Moyenne des sensibilités calculées sur les séries individuelles.

3.5. Analyse des données standardisées

3.5.1. Standardisation

La standardisation constitue une étape importante dans le traitement des séries dendrochronologies pour une étude climatique. (Cook, 1985 *in* Ourdani, 2017). Elle a pour objectif premier de transformer les valeurs de largeurs de cerne en indices de croissance uniforme, et en second lieu d'éliminer les signaux non désirés et ainsi mettre en évidence le signal climatique (Nicault et *al.*, 2010 *in* Rahouani et Sekoum, 2016).

✓ Standardisation par la méthode ARMA (p, q)

ARMA (autorégressif - moyenne mobile), est caractérisé par le paramètre p de la partie autorégressive et le paramètre q de la partie moyenne mobile (Daudin et *al.*, *in* Rahouani et Sekoum, 2016).

Les modèles AR et MA peuvent être parfaits dans certain cas, mais il peut arriver que l'on ait besoin d'estimer un grand nombre de paramètres pour ajuster le modèle (Steven, 2010).

✓ Calcul des indices de croissance

La chronologie maîtresse standardisée est utilisée afin d'analyser l'évolution de l'indice de croissance dans le temps qui est calculé par effectué le lissage de série élémentaire par un filtre passe-haut dont la longueur de la fenêtre utilisé ne doit pas dépasser ¼ de la longueur de série chronologie (Sarmoum, 2016; Ourdani, 2017).

$$I = \frac{\text{valeur observée}}{\text{valeur théorique}}$$

✓ Recherche des années exceptionnelles de la croissance

La recherche des années exceptionnelles de la croissance est basée sur l'indentification des cernes caractéristique, ces cernes témoignent des conditions exceptionnelles ayant affecté, positivement ou négativement, la croissance (Schweingruber, 1992 *in* Sarmoum, 2016).

Il y a aussi des méthodes statistique pour définit les cernes caractéristique, le cerne est considéré mince quand il est inférieur à la valeur « moyenne – écart-type » et large quand il est supérieur à la valeur « moyenne +écart-type » (Ourdani, 2017).

5. Relation entre l'attaque de la chenille et la croissance de Cèdre de l'Atlas

Le dépérissement des arbres a été attribué à des facteurs naturels (sécheresse, attaque de parasites...etc). Après consultation des services concernés (Parc National de Theniet El Had) et conservation des forêts de Tissemsilt, nous avons choisi les années 2001, 2007 et 2015 pour estimer l'impact des défoliateurs sur la croissance et la vitalité du cèdre d'Atlas. Ces années ont été caractérisées par une forte attaque de la processionnaire du pin (*Thaumotepoea pityocampa*).

Ainsi, trois indices de croissance ont été calculés (Lloret, 2011) :

➤ **Indice de la résistance** : la résistance est considérée comme une inversion de la réduction de la performance pendant la perturbation, et il est estimé comme le rapport entre les performances pendant est avant la perturbation (Lloret, 2011).

$$\text{Résistance} = = \frac{\text{la croissance pendant l'année de perturbation}}{\text{la croissance pendant l'année avant perturbation}}$$

➤ **Indice de reprise ou récupération** : la récupération est la capacité de récupérer par rapport aux dommages ressentie pendant la perturbation, et elle est estimée comme le rapport entre les performances après et pendant la perturbation (Lloret, 2011).

$$\text{Récupération} = = \frac{\text{la croissance de l'année après perturbation}}{\text{la croissance de l'année de perturbation}}$$

➤ **Indice de résilience** : la résilience est la capacité d'atteindre les performances de pré-perturbation niveaux, et est estimée comme le rapport entre les performances après et avant la perturbation. La résilience relative c'est la résilience pondéré par les dommages subis pendant l'épisode de perturbation (Lloret, 2011).

$$\text{Résilience} = \text{Résistance} * \text{Récupération}.$$

$$\text{Résilience relative} = \text{Résilience} - \text{Résistance}.$$

Chapitre 5

Résultats et Discussions

1. La hauteur et circonférence des arbres

Tableau N° 9 : La hauteur et la Circonférence des arbres échantillonnés

| Arbre | Hauteur(m) | Circonférence (cm) |
|-----------|------------|--------------------|
| 1 | 21 | 177 |
| 2 | 21,5 | 155 |
| 3 | 16,5 | 142 |
| 4 | 14 | 119 |
| 5 | 15 | 161 |
| 6 | 14 | 150 |
| 7 | 13,5 | 121 |
| 8 | 11,5 | 118 |
| 9 | 11,5 | 142 |
| 10 | 18 | 143 |

D'après le tableau (09), les mesures dendrométriques relatives aux arbres échantillonnés indiquent des valeurs plus ou moins variables. En effet, la hauteur totale affiche les valeurs allant de 11,5 m et 21,5 m. La circonférence affiche des valeurs allant de 118 cm et 177 cm.

2. Analyse des données brutes

2.1. Série élémentaire

Le profil des courbes définit une tendance négatif de la croissance radiale avec l'âge (Fig.12), Il y a un déclin marqué dans des années comme l'année 1961 et 2000, 2002, On remarque également des pics de croissance pour les années : 1952, 1974, 1980, 2013. D'après Sarmoum (2016), Ces variations résultent des facteurs naturels qui affecter l'arbre (climat, attaque de parasites...etc.), mais aussi anthropiques (coupes illicites, travaux sylvicoles...etc).

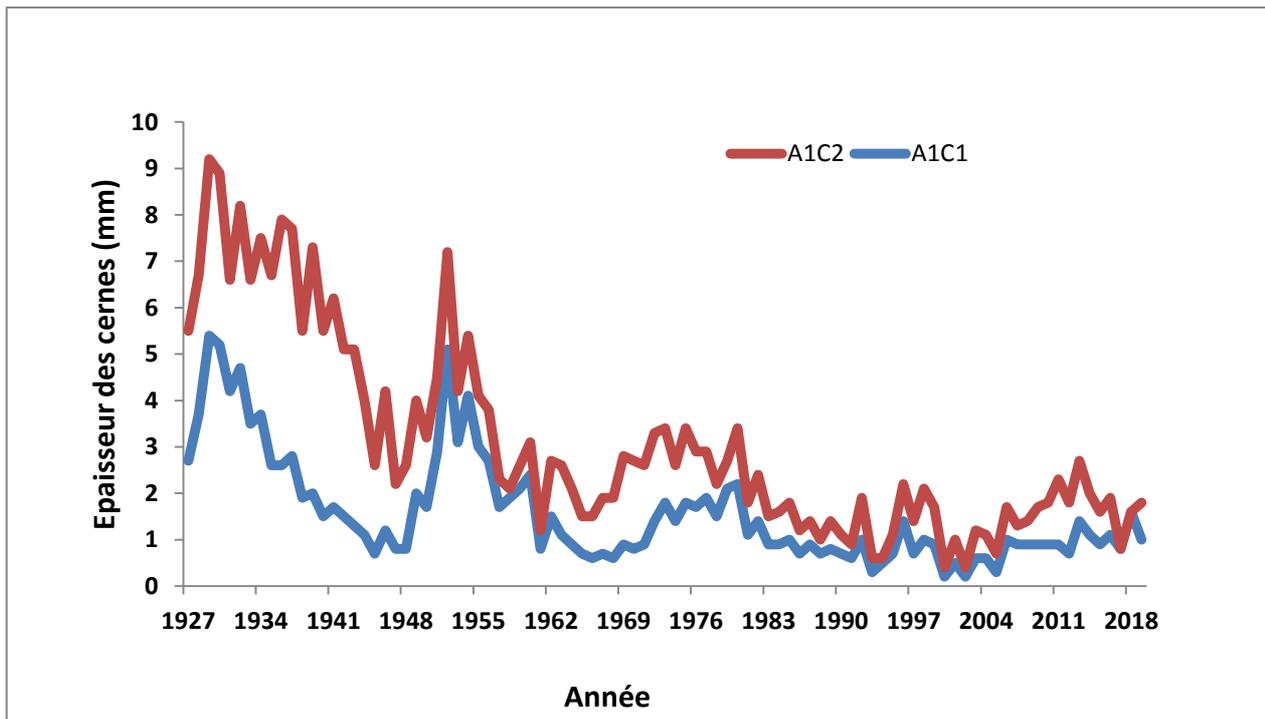


Fig.12. Variations des épaisseurs des cernes dans les séries élémentaires
(A1C1 : Arbre 1 cerne 1, A1C2 : Arbre 1 cerne 2)

2.2. Série individuelle

Le profil des courbes de croissance individuelle permet de ressortir les années caractéristiques (cerne très minces ou très étroits) et l'allure des courbes individuelles définit des rythmes différents de croissance de chaque arbre (Fig.13). D'après Messaoudene (1989), Cette différence résulte du patrimoine génétique et l'âge propre à chaque arbre et les facteurs microstationnels (pente, compétition).

Nous avons éliminé l'arbre 6 parce que les deux carottes étaient perdues.

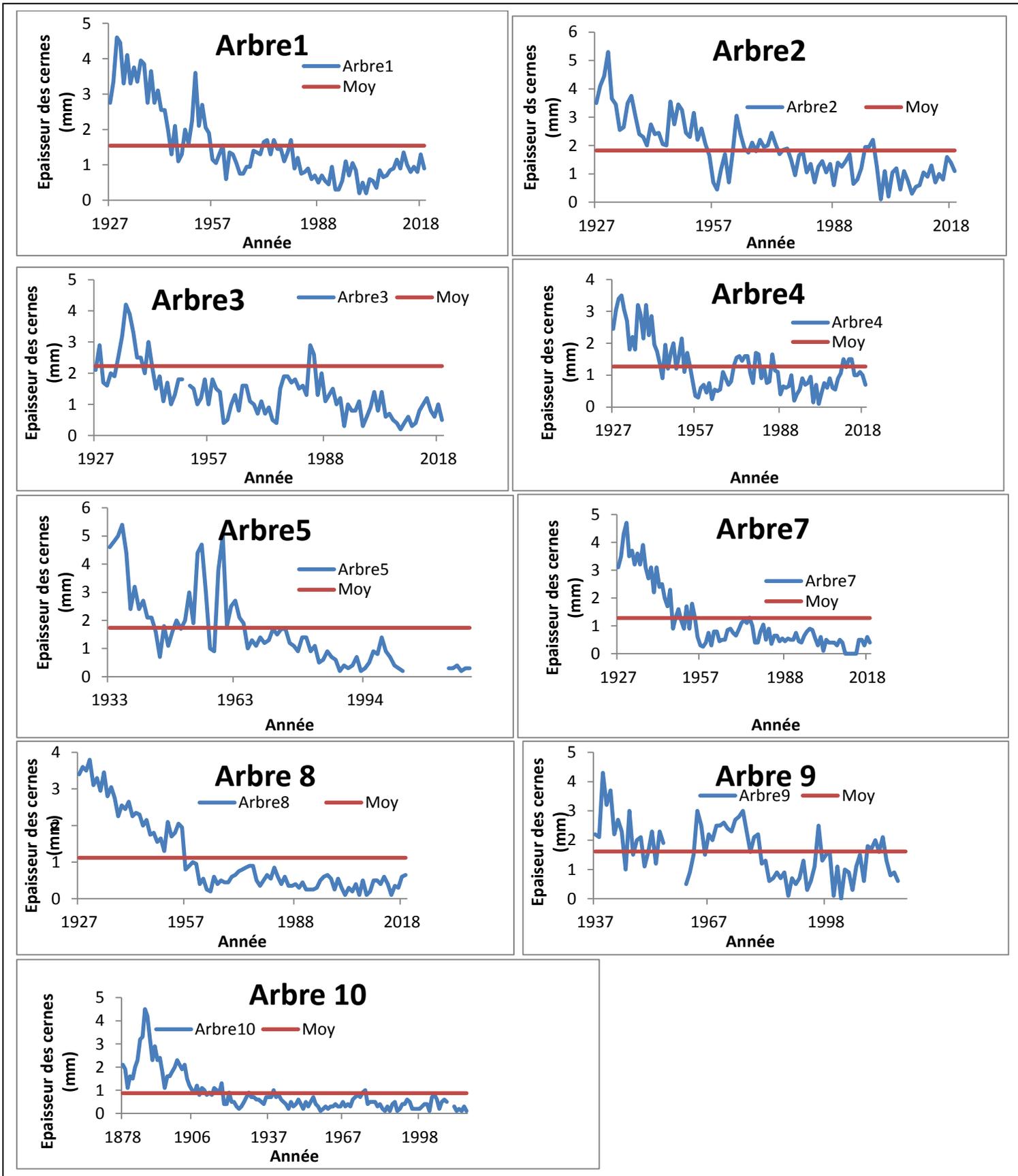


Fig.13. les courbes de croissance individuelles relatives au cèdre de l'Atlas

2.3. Série maîtresses

Les largeurs annuelles moyennes des cernes de la chronologie maîtresse élaborée à partir des séries individuelles sont présentées dans la figure 14.

La Figure 14 présente l'allure des épaisseurs de cernes influencées par un grand nombre de facteurs environnementaux. L'examen de cette Figure montre une tendance à la décroissance de l'épaisseur des cernes au fur et à mesure que les arbres vieillissent. Il s'agit d'un effet lié à l'âge, qui résulte du fait qu'en général l'arbre élabore des larges dans son jeune âge. Par la suite, ses accroissements sont plus fins se stabilisent jusqu'à sa mort (Lebourgeois, 2010). Cette diminution à commencer dans les années 1950 et s'aggrave à partir des années 1980.

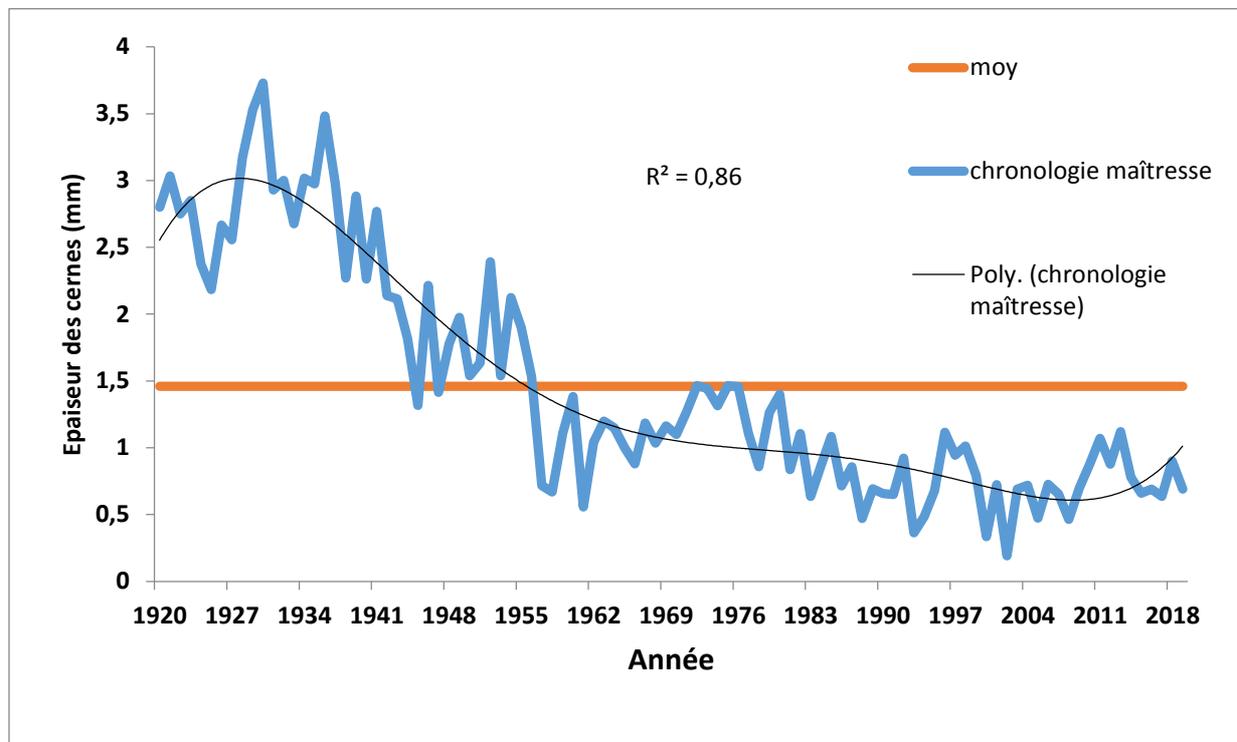


Fig.14. Variabilité interannuelle des épaisseurs des cernes chez les populations

3. Analyse Numérique

3.1. Epaisseur moyenne des cernes (EMC)

Les valeurs de l'EMC affichent une forte variabilité entre les arbres du Cèdre de l'Atlas (Tableau 10). En effet, ces valeurs s'échelonnent entre une valeur minimale de 0,87 mm/an, une valeur maximale de 2,23 mm/an. L'EMC de la chronologie maîtresse est de 1,46 mm/an. Cette valeur est proche de celles enregistrées dans la cédraie de Theniet El Had et Ain Antar (Sarmoum, 2016) et corroborent les résultats trouvés pour d'autres cédraies en France (Guibal, 1984 *in* Sarmoum, 2016) et au Maroc (Till, 1986 *in* Sarmoum, 2016).

Tableau N°10 : Epaisseur moyenne des cernes des séries individuelles et de la chronologie maîtresse

| Arbre | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A7 | A8 | A9 | A10 | Chronologie maîtresse |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| EMC (mm/an) | 1,54 | 1,83 | 2,23 | 1,27 | 1,74 | 1,28 | 1,12 | 2,24 | 0,87 | 1,46 |

3.2. Sensibilité moyenne (SM)

Le tableau 11 affiche les fluctuations de la sensibilité moyenne des séries individuelles. Ces valeurs s'échelonnent entre une valeur minimale de 0,32 et une valeur maximale de 0,57. La sensibilité moyenne de la chronologie maîtresse est 0,28. Selon Fritts (1976), Le seuil de 0,20 détermine deux catégories de population : Non sensibles dont $SM \leq 0,20$ et Sensitives dont $SM \geq 0,20$. A cet effet, notre population se trouve dans la catégorie sensible au climat.

Tableau N°11 : La sensibilité moyenne de chaque arbre et de la chronologie maîtresse

| Arbre | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A7 | A8 | A9 | A10 | Chronologie maîtresse |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| SM | 0,33 | 0,39 | 0,43 | 0,39 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,57 | 0,36 | 0,28 |

3.3. Coefficient d'interdatation (CI)

Les valeurs de ce coefficient varient de 0,49 à 0,87 (Tableau 12). Ces valeurs reflètent un bon synchronisme des séries individuelles lors l'interdatation. Ces valeurs élevées reflètent aussi un comportement relativement bien homogène des arbres à l'intérieur de chaque station (Safar, 1994 *in* Sarmoum, 2016).

Tableau N°12 : Les coefficients d'interdatation des séries individuelles

| Arbre | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A7 | A8 | A9 | A10 |
|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| SM | 0,84 | 0,71 | 0,65 | 0,71 | 0,84 | 0,87 | 0,8 | 0,49 | 0,77 |

4. Analyse des données standardisées

4.1. Modalisation de la croissance radiale (ARMA p, q)

D'après la Figure (15) on constate que le modèle (2,0) est le plus répondu avec une fréquence de 50 %. Les autres modèles sont faiblement représentés (taux <10%). Ce résultat montre que les arbres de la même population ne répondent pas à un seul modèle de croissance. Cette différence est liée aux au patrimoine génétique propre à chaque arbre et aux facteurs de

perturbations qui peuvent agir sur quelques arbres de la population (attaque de parasites, action anthropique par exemple).

La croissance des arbres de la population répondent surtout à un modèle AR(p) ce qui indique que la croissance des arbres et sous la dépendance des facteurs aléatoires qui agissent sur la croissance (sécheresse, insectes défoliateurs). Les modèles ARMA (p,q) avec un $q > 0$ indiquent un effet rémanent des années antérieures sur l'épaisseur du cerne (Tessier, 1984 *in* Sarmoum, 2016).

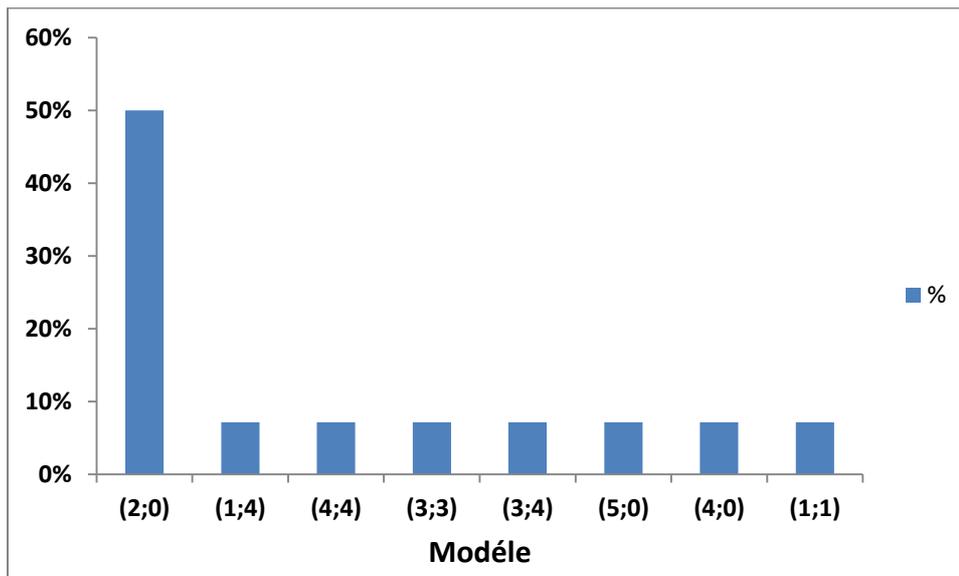


Fig.15. Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la Fréquence (%)

5. Recherche des années exceptionnelles de la croissance

5.1. Chronologie et courbe de résidus

La courbe de croissance résiduelle (Fig.16) obtenue après application de la modélisation ARMA (p,q), sur les chronologies individuelles de données brutes, donne l'allure de la croissance indépendante de l'effet de l'âge et schématisée par des fluctuations de la croissance autour de la croissance normale (valeur proche de 0), avec des périodes de croissance négative (valeur inférieure à 0) et des périodes de croissance positive (valeur supérieure à 0).

Au total, 9 cernes épais sont enregistrés : 1921, 1936, 1939, 1946, 1952, 1954, 1960, 2007 et 2009 et 18 cernes mince : 1920, 1924, 1925, 1928, 1929, 1931, 1932, 1938, 1942, 1945, 1947, 1956, 1957, 1958, 1983, 1988 et 2002.

La fréquence des cernes minces peut être lié à des épisodes de sécheresse ou encore l'attaque des insectes défoliateurs et les champignons (Messaoudene et *al.*, 2013 ; Germain et *al.*, 2014).

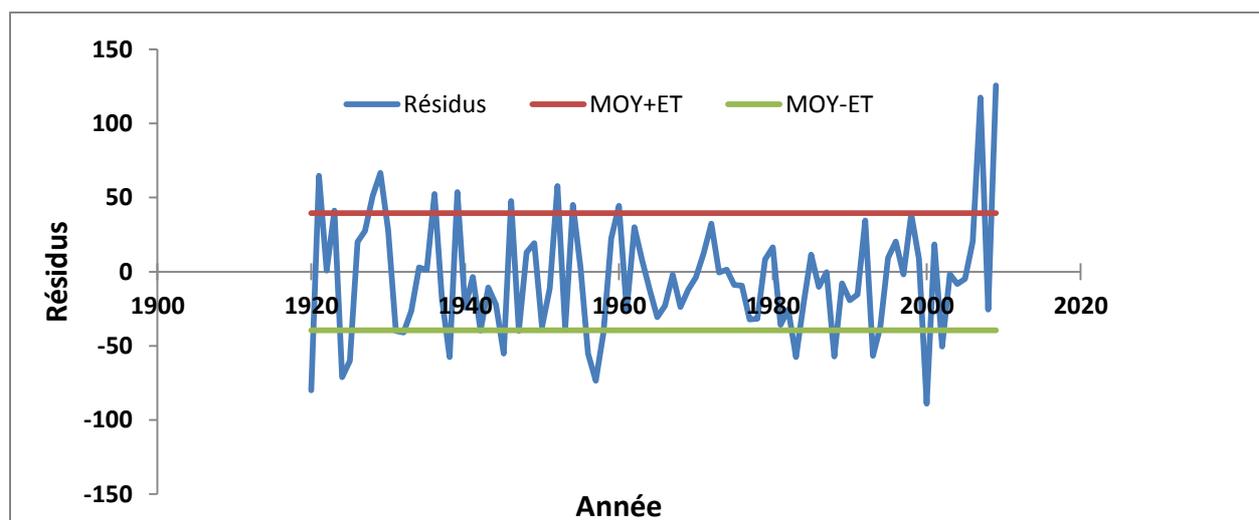


Fig.16. variation de l'épaisseur des cernes dans la chronologie résiduelle chez le cèdre de l'Atlas.

6. Impact des défoliateurs sur la croissance et la vitalité du cèdre

6.1. Indice de croissance

La figure (17) présente les indices de croissances correspondant à l'année de l'attaque de la chenille, l'année qui précède l'attaque de la chenille et l'année après l'attaque.

L'indice de croissance des années qui précèdent et qui suivent l'attaque de la chenille est plus élevé que l'indice de la croissance de l'année de l'attaque de la chenille, cas de l'année 2015. Pour l'année 2007, l'indice de croissance de l'année après l'attaque de la chenille (2008) est plus faible que celui de l'année de l'attaque de la chenille, encore plus faible que celui qui précède l'attaque de la chenille (2006). Alors que pour l'année 2001, on constate que l'indice de la croissance de l'année de l'attaque de la chenille est plus élevé que celui de l'année qui la précède (2000) et celui de l'année après l'attaque (2002). Ces résultats suggèrent que l'attaque de la chenille peut affecter négativement la croissance du cèdre pendant l'année de l'attaque et l'année après l'attaque en absence de d'autres facteurs de perturbation comme la sécheresse, cas des années 2000, 2002 et 2008.

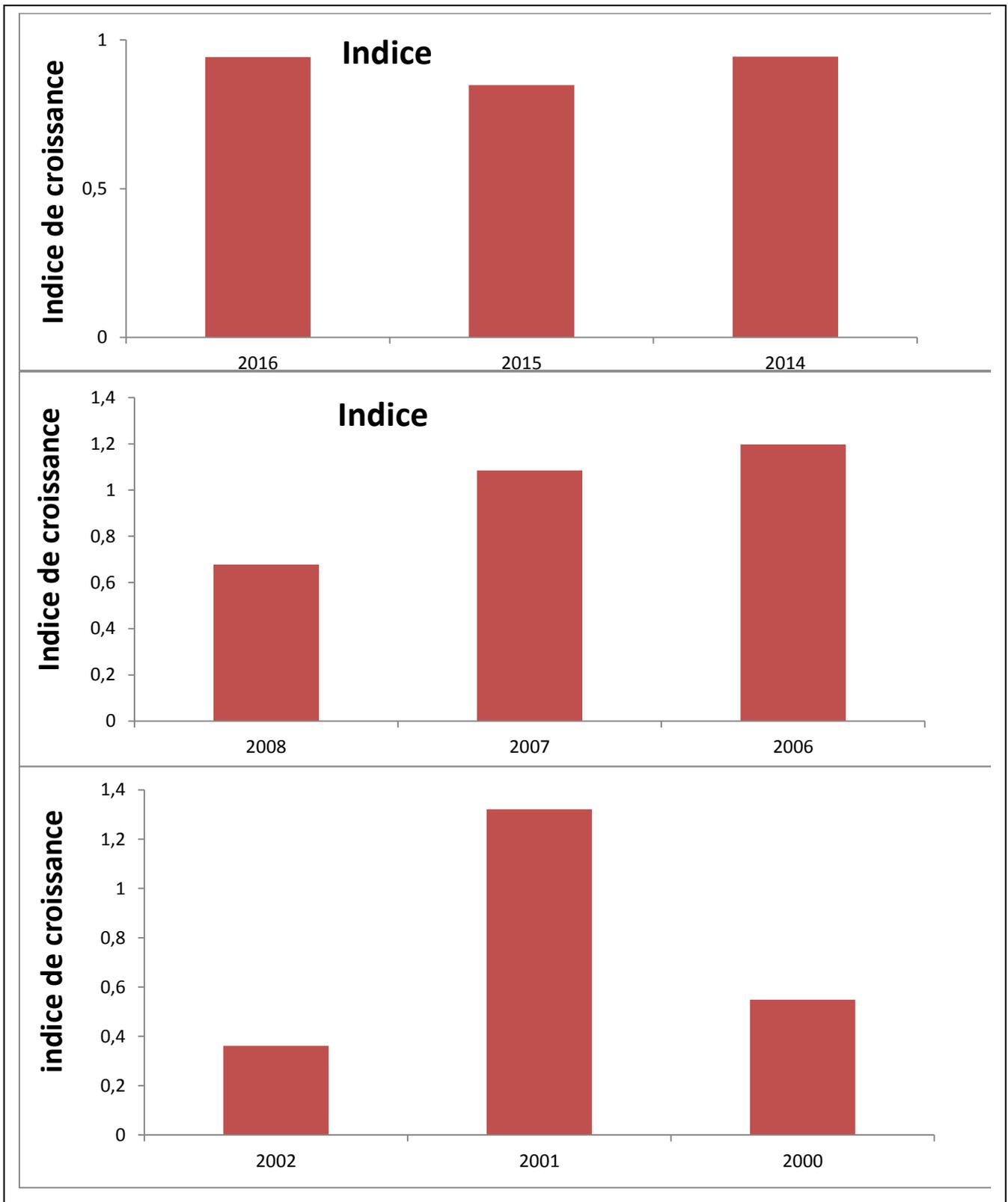


Fig.17. Les indices de croissances correspondant aux années de l'attaque de la chenille (centrées) les années qui précèdent et qui suivent l'attaque.

6.2. Indice de résistance

La figure (18) présente l'indice de résistance dans des années de l'attaque de la chenille. D'après la figure, on remarque qu'il y a plus de résistance dans l'année 2001 avec une valeur 2,40 par rapport aux années 2007 et 2015 avec des valeurs de 0,90 et 0,89 respectivement.

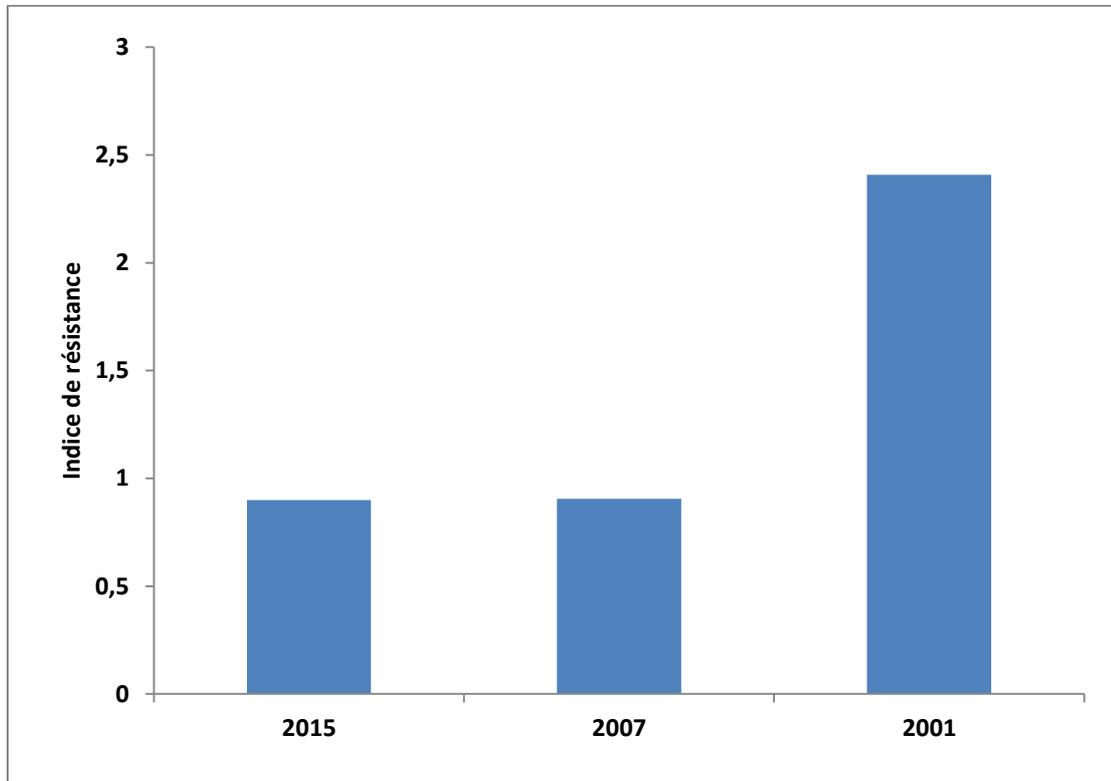


Fig.18. Variations de l'indice de résistance selon les années

6.3. Indice de récupération

La figure (19) présente l'indice de récupération des années de l'attaque de la chenille. Nous constatons qu'il y a plus de récupération dans l'année 2015 par rapport les années 2001 et 2007. Ce constat est lié à la présence de d'autres perturbation pour ces années, c'est le cas des années 2000, 2002 et 2008 caractérisées par la sécheresse dans massif de L'Ouarsenis (Sarmoum et *al.*, 2019).

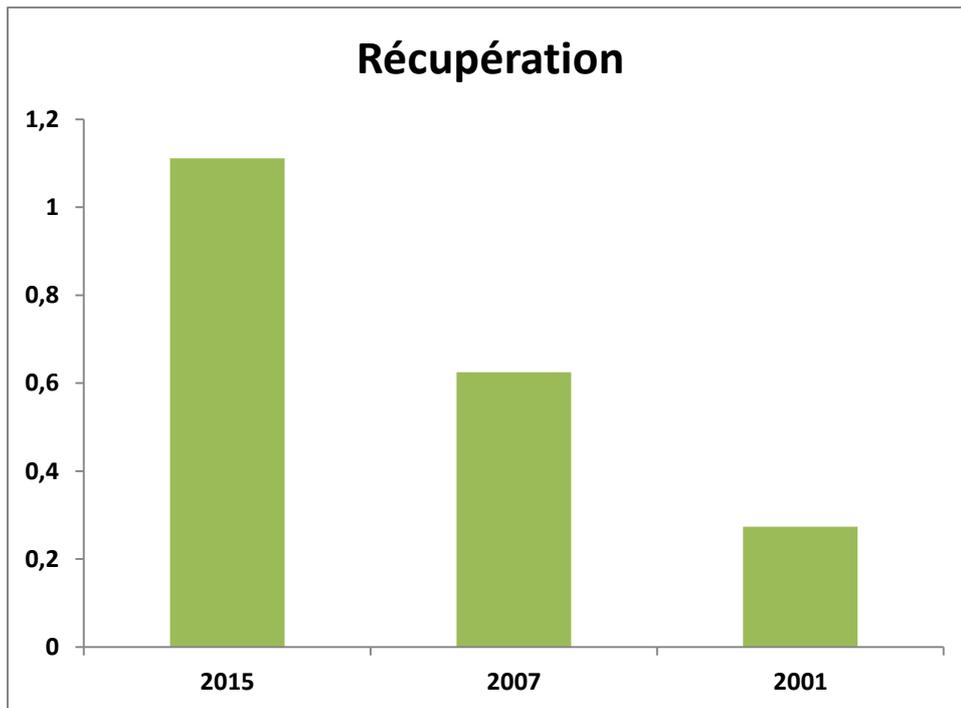


Fig.19. Variations de l'indice de récupération selon les années

6.4. Indice de résilience

La figure (20) présente l'indice de résilience des années de l'attaque de la chenille.

La valeur la plus élevée de la résilience a marqué l'année 2015 (0,99), suivi par l'année 2007 puis l'année 2001. Ce constat est lié à la présence de d'autres perturbation pour ces années, c'est le cas des années 2000, 2002 et 2008 caractérisées par la sécheresse dans massif de L'Ouarsenis (Sarmoum et *al.*, 2019)..

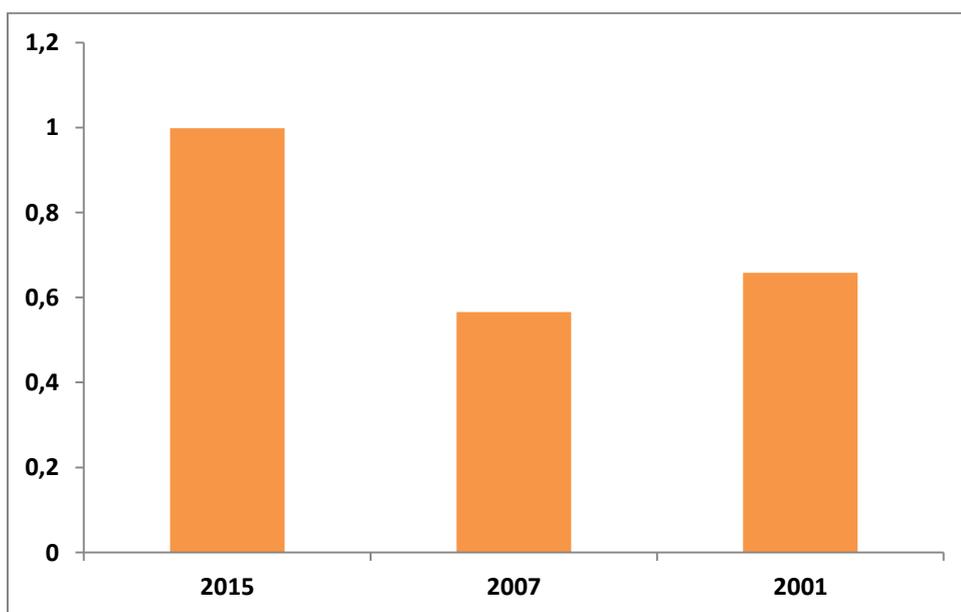


Fig.20. Variation de l'indice de résilience selon les années

6.5. Indice de résilience relative

La figure (21) présente l'indice de résilience relative des années de l'attaque de chenille. D'après cette figure, l'année 2015 affiche la valeur la plus élevée et positive de la résilience relative. Tandis que les années 2001 et 2007 affichent des valeurs négatives de ce paramètre. Ce constat est lié à la présence de d'autres perturbation pour ces années, c'est le cas des années 2000, 2002 et 2008 caractérisées par la sécheresse dans massif de L'Ouarsenis (Sarmoum et *al.*, 2019)...

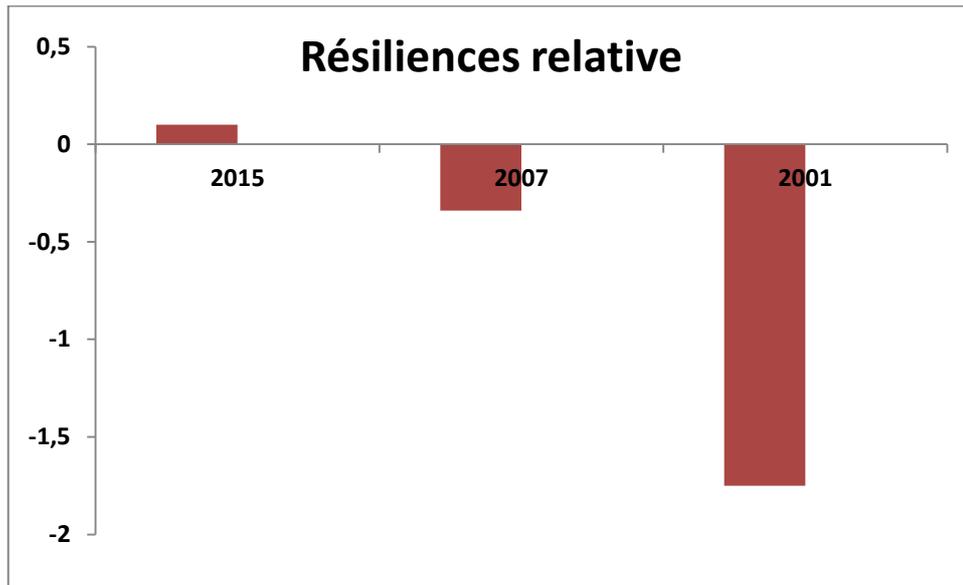


Fig.21. Variation de l'indice de résiliances relative selon les années

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail, que nous avons mené, au sein du Parc National du Theniet El Had, dans l'objectif d'estimer l'impact des défoliateurs principalement du genre *Thaumetopoea sp* sur la croissance et la vitalité du cèdre de l'Atlas.

Notre approche est basée sur les techniques de la dendrochronologie, cette discipline repose sur le prélèvement du bois par l'extraction des carottes, mesure des largeurs des cernes annuels de croissance et sur leur datation précise. Pour notre étude, et compte tenu la situation sanitaire liée à la pandémie COVID19, une seule station écologique a été définie. Cette station se localise dans le canton « Pépinière ». Au total, une dizaine (10) d'arbres ont été échantillonnés et inerdats. La croissance radiale a été étudiée sur la chronologie globale allons de 1920 à 2019.

Les résultats obtenus montrent une tendance négative de la croissance radiale avec l'âge, avec des variations plus ou moins importantes à l'échelle annuelle et pluriannuelle de la croissance radiale et qui résultent aux variations des facteurs naturels et anthropiques qui affectent la arbres (climat, attaque de parasites, travaux sylvicoles, coupes illicites..etc).

L'analyse de ces données montre également des rythmes de croissance propre à chaque arbre résultat du patrimoine génétique et l'âge propre à chaque arbre mais aussi les facteurs microstationnels (pente, compétition) et peuvent agir sur leur croissance. L'analyse des paramètres qualitatifs indique que les valeurs de l'EMC affichent une forte variabilité entre les arbres du cèdre de l'Atlas. La sensibilité moyenne (SM) des chronologies individuelles et de la chronologie maîtresse de notre population se trouve dans la catégorie sensible au climat ($SM > 0,20$). Les valeurs enregistrées du coefficient d'interdatation reflètent un bon synchronisme des séries individuelles lors de l'interdatation.

La modélisation de la croissance radiale par la méthode ARMA (p,q) indique que les arbres de la même populations ne répondent pas forcément au même modèle de croissance. Les différents modèles obtenus sont liés aux conditions microstationnelles, au statut de l'arbre et à son patrimoine génétique. Toutefois, la croissance des arbres répond surtout à un modèle AR(p) ce qui indique que la croissance des arbres est sous la dépendance des facteurs aléatoires qui agissent sur la croissance (sécheresse, insectes défoliateurs).

Après consultation des services concernés (Parc National de Theniet El Had), nous avons choisi les années 2001, 2007 et 2015 pour estimer l'impact des défoliateurs sur la croissance et la vitalité du cèdre d'Atlas. Ces années ont été caractérisées par une forte attaque de la processionnaire du pin (*Thaumotopoea pityocampa*).

Les résultats suggèrent que l'attaque de la chenille peut affecter négativement la croissance du cèdre pendant l'année de l'attaque et l'année après l'attaque. La reprise de la croissance est

Conclusion

rapide pendant les années humides. La présence de d'autres facteurs de perturbation comme la sécheresse pendant l'attaque de la chenille peut provoquer des dégâts énormes allant jusqu'à la perte de vitalité des arbres et leur dépérissement et mortalité ensuite (comme c'est le cas pendant l'année 2002). Faisant suite à d'autres études sur le phénomène de dépérissement et à lumière des résultats que nous avons trouvés, l'attaque de la chenille processionnaire peut être considérée comme un facteur aggravant du dépérissement du cèdre de l'Atlas.

Ce modeste travail offre des éléments d'informations importantes dans le cadre de l'étude des causes de dépérissement du cèdre d'Atlas en Algérie et apporte des connaissances nouvelles en matière de gestion et conservation des cédraies Nord-africaines. Dans les perspectives de ce travail, nous proposons d'élargir ce travail pour étudier d'autres populations du cèdre de l'Atlas dans la zone d'étude et dans les autres cédraies, ainsi que l'étude de l'impact de d'autres agents biotiques sur la croissance et la vitalité de cette espèce noble.

Enfin, Nous souhaitons par le biais de ce modeste travail d'avoir répondu aux soucis des chercheurs et gestionnaires forestiers.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abedallah-Mahdjoubi, Kh. ; Zerka, A. 2018. Contribution à l'élaboration d'un système d'information géographique (SIG) des grands types de végétation dans le Parc National Theniet El Had (Canton pépinière). Mémoire de Master en Science Biologique, Univ. Djilali Bounàama, Khemis Miliana, Algérie : 53 pp + Annexe.
2. Ait si said, Z., 2017. Effet des coupes partielles sur la largeur des cernes, la masse volumique du bois et les propriétés anatomiques des trachéides de l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] voss) dans un peuplement mixte. Mémoire de magister en biologie, univ. Québec, Abitibi Temiscamingue, 106 pp.
3. Anonyme, 1984. Etude et projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et des parcs dans le massif de l'Ouarsenis. Leskomplect. Bulgare. Vol. 19,169 P + Annexe.
4. Anonyme, 1986. Cèdres. 38 (sp) : 139-141
5. Anonyme, 2008. Plan de gestion du parc National de Theniet El Had. Direction générale des forêts. Ministère de l'agriculture et du développement durable, Algérie, 145P.
6. Becker, M. ; Picard, J.-F. ; Timbal, J. 1981. Les forêts. Ed. Masson, paris, 192 P.
7. Becker, M. ; Picard, J.-F. ; Timbal, L. 1983. Les arbres. Ed. Masson, Paris, 141p.
8. Beloula, S. 2010. Etude sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Belezma (Wilaya de BATNA) Apport de la télédétection et SIG. Mémoire de magister en Agronomie, Univ. El-Hadj Lakhdar, Batna, Algérie : 60pp + Annexe.
9. Bentouati, A. 2008. La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). forêts méditerranéenne. 29 (2) : 203- 208.
10. Bessah, Gh. 2005. Les parcs nationaux d'Algérie. Naples-Italie.5p.
11. Bonneau, M. ; Timbal, J. 1973. Définition et Cartographie des Stations. Annales des sciences forestières.30 (3) : 201-218.
12. Bouchou, L., 2015. Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie. These de doctorat en Sciences Agronomiques, Univ. Harrach, Alger, 131 pp.
13. Boukerker, H. 2016. Autoécologie et évaluation de la biodiversité dans les Cédraies de *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Belezma (Batna, Algérie). Thèse de doctorat en Sciences Agronomique, Univ. Khider, Biskra, Algérie : 213pp.
14. Bourorga, A. 2016. Etude de la phytodiversité dans quelques sites choisis dans les Monts de l'Ouarsenis. Mémoire de magister en Biodiversité et gestion intégrée des écosystèmes, Univ. Aboubake Belkaid, Tlemcen, Algérie : 148 + Annexe.

15. Debazac, E.-F. 1991. Manuel des conifères. 2^e édition. Nancy :171 P.
16. DGF (Direction Générale des Forêts). 2006. ATLAS des parcs nationaux algériens. Algérie : 10p.
17. Derak, M. ; M'hirit O. ; Mouflih B. ; ET-Tobi M. 2008. Influence de la densité et du type de peuplement sur dépérissement du cèdre de l'Atlas à sidi M'Guild (Moyen Atlas marocain). *Forêt méditerranéenne* 29 (1) :23-32.
18. Gachi, M. 1994. Note sur la présence en Algérie de la processionnaire de cèdre *Thaumatopoea bonjiani* Powel (Lépidoptères *Thaumotepoide*). an. rech. for. Maroc : 527-537.
19. Germain, J-F. ; Boutte B ; Boivin TH. ; 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.
20. Ghachi, M. 2004. Contribution à l'étude de l'éco_biosphère de la processionnaire d'été *Thaumatopoea bonjeani* P (l'EP.,*Thaumatopoeidae*) dans la cédraie du Belezma. thèse de magister en sciences de la nature biologie animale, univ. Houari Boumediene. Alger, Algérie : 99 pp.
21. Houamel, A. 2012. Contribution à l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du parc national du Belezma). Mémoire de magister en Foresterie, Univ. Aboubekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie : 93pp + Annexe.
22. Ihaddaden, A. 2016. Les relations sol-végétation de la série dynamique de chêne vert : évolution de la diversité floristique et édaphique. Thèse de doctorat en science biologique, Univ. Houari Boumediene, Alger, Algérie : 152pp + Annexe.
23. Joly, R. 1975. les insectes ennemis des pins. Nancy cedex .p95
24. Lebourgeois, F., 2010. Principes et Méthodes de la dendrochronologie. Version 3 : Nancy Cedex. 69P.
25. Lloret, F. ; Keeling, E. G. ; Sala, A. 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Center for Ecological Research and Forestry Applications*. 10 : 1909-1929.
26. Madjour, K. 2015. Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du Parc National du Djurdjura (Secteur de Tala-Guilef). Mémoire de magister en Science Biologique, Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie : 84 pp.
27. Messaoudene, M., 1989. Dendroécologie et productivité de *Quercus afares* Pomel. et *Quercus canariensis* Willd. Dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghorbi en Algérie. Thèse de doctorat. Univ. d'Aix Marseille III, 123pp.

28. Messaoudenne, M. ; Rabhi, Kh. ; Megdoud, A. ; Sarmoum, M., Dahmani-Megrerouche, M., 2013. Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes. *Forêt méditerranéenne* 34 :1-8.
29. Mhirit, O. 1999. Les cèdres de l'Atlas à travers le reseau silva mediterranea (Cèdre) Bilan et perspectives. *Forêt méditerranéenne*. 20(3) : 91-99.
30. Mouna, M. 2009. *Phaenops marmottani* Fairmaire (Coleoptera Buprestidae), xylophage Primaire pour le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.). *Bulletin de l'Institut Scientifique*.30 (2) : 85-90.
31. Nezar Kebaili, M. 2009. Influence de quelques variables du milieu sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (Manetti) dans le massif de Belezma (Batna). Mémoire de magister en Science Agronomique. Univ. Hadj lakhdhar, Batna, Algérie : 84 pp.
32. Ourdani, K. 2017. La réponse de la cédraie de Takoucht (Béjaïa) à la variabilité climatique. Mémoire de master. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie : 46pp + Annexe.
33. Rahouani, S. ; Sekoum, Kh. 2016. Contribution à la modélisation de la croissance du cèdre d'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national du Theniet El Had (W. Tissemsilt). Mémoire de master. Univ. Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie : 43pp.
34. Rivierre, J. 2011.les chenilles processionnaires du pin: évaluation des enjeux de santé animale. thèse de doctorat en vétérinaire. école national vétérinaire d'Alfort : France .150p.
35. Sarmoum, M. 2016. Etude de la dynamique des systèmes forestiers du massif de l'Ouarsenis dans le contexte des changements globaux. Thèse de doctorat en science Biologique, Univ. Houari Boumediene, Alger, Algérie : 143pp + Annexe.
36. Sarmoum, M. ; Navarro-cerrillo, R. ; Guibal, F. ; Abdoun, F. 2019. Impact of drought and site characteristics on vitality and radial growth of *Cedrus atlantica* Manetti in the ouaresenis massif (Algeria). *AGROFOR International Journal*. 4(3) : 42-52.
37. Sbabdji, M. 2012. étude de l'infestation de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff: description spatio-temporelle et relations arbre_défoliateur.thèse de doctorat en sciences agronomiques .école national supérieur agronomique EL-HARRRACH-Alger.Algérie : 115pp.
38. Seltzer, P. 1946. Le climat de l'Algérie. Ed Carbonel, Alger, 219p.
39. Steven, F. 2010. Les modèles MA, AR et ARMA multidimensionnels: estimation et causalité Département de mathématiques, Univ. Sherbrooke Courriel. 74p.
40. Toth, J. 1980. Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance Forestière. *Forêt méditerranéenne*. 2(1) : 23-30.

Références bibliographiques

41. Yousfi, M. 1994. La sante du cèdre de l'Atlas au Maroc. Rech. For. Maroc, T(27), 593-611

Résumé

Notre travail est réalisé dans le Parc National de Theniet El Had, il basé sur l'objectif d'estimer l'impact de l'attaque défoliateurs principalement du genre *Thaumetopoea* sp. Sur la croissance et la vitalité du cèdre de l'Atlas.

Pour ce faire une population d'arbre (10 arbres) a été échantillonnée selon une procédure classique de la dendrochronologie. La perte de la croissance et la vitalité des arbres a été estimé par le calcul des paramètres quantitatifs et par les méthodes d'indices.

Les résultats obtenus suggèrent que l'attaque de la chenille peut affecter négativement la croissance du cèdre pendant l'année de l'attaque et l'année après l'attaque. La reprise de la croissance peut être rapide en cas des conditions climatiques favorables et humides. En revanche, la présence de d'autres facteurs de perturbation comme la sécheresse peut aggraver la situation et entraîne le dépérissement et la mortalité des arbres.

Mots clés : dendrochronologie, cèdre d'Atlas, Theniet El Had, défoliateur, croissance, vitalité.

Abstract

Our work is carried out in the National Park of Theniet El Had, it based on the objective of estimating the impact of the attack defoliators mainly of the genus *Thaumetopoea* sp. on the growth and vitality of the Atlas cedar.

To do this, a tree population (10 trees) was sampled using a standard dendrochronology procedure. The loss of growth and vitality of trees was estimated by calculation of quantitative parameters and by index methods.

The results obtained suggest that the attack of the caterpillar can negatively affect the growth of cedar during the year of the attack and the year after the attack. The resumption of growth can be rapid under favorable and humid climatic conditions. On the other hand, the presence of other disturbing factors such as drought can worsen the situation and lead to tree dieback and mortality.

Key words: Dendrochronology, Theniet El Had, defoliators mainly of the genus *Thaumetopoea* sp, Growth, Atlas cedar.

ملخص

يتم تنفيذ عملنا في حظيرة ثنية الحد الوطني ، وهو يعتمد على هدف تقدير تأثير هجوم مزيل الأوراق بشكل رئيسي من جنس يسروع على نمو وحيوية أرز الأطلس. للقيام بذلك ، تم أخذ عينات من الأشجار (10 أشجار) باستخدام إجراء قياسي في علم قياس عرض حلقات النمو السنوية . تم تقدير فقدان النمو والحيوية للأشجار من خلال حساب المعلمات الكمية وطرق المؤشر.

تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن هجوم مزيل الأوراق يمكن أن يؤثر سلبًا على نمو شجر الأرز خلال عام الهجوم والسنة التي تلي الهجوم. يمكن أن يكون استئناف النمو سريعًا في ظل الظروف المناخية المواتية والرطوبة. من ناحية أخرى ، فإن وجود عوامل أخرى مثل الجفاف يمكن أن يؤدي إلى تفاقم الوضع ويؤدي إلى اضمحلال الأشجار.

Résumé

الكلمات المفتاحية: علم قياس عرض حلقات النمو السنوية ، أرز أطلس ، ثنية الحد ، مزيل الأوراق بشكل رئيسي من جنس يسروع ، النمو ، الحيوية.