

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Faculté des 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 : Biodiversité et écologie végétale

Présenté par :

BEN FADEL Aicha

BENALLOU Kheira

*Thème*

**Contribution à la modélisation du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Parc National de Theniet El Had – cas du canton Ourten - (W. Tissemsilt)**

Soutenu publiquement le 01/07/2018

**Jury:**

**Président:** Mlle. BOUAZZA K.

**Encadreur:** Mr. SARMOUM M.

**Co-encadreur:** Mr. MASLOUB A.

**Examineur:** Mr. ABDELHAMID D.

Année universitaire 2017– 2018

# REMERCIEMENTS

*Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté d'arriver à finir cet humble travail.*

*Nous remercions tout particulièrement **Mr. SARMOUM Mohamed** pour son encadrement, ses orientations, ainsi que ses conseils et surtout pour sa gentillesse tout au long de notre travail, nous le remercions infiniment.*

*Que **Mlle. BOUAZZA Khaldia** soit chaleureusement remerciée d'avoir voulu présider ce travail.*

*Que **Mr. ABDELHAMID Djamel** trouve nos plus profonds remerciements d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos plus vifs remerciements vont surtout à **Mr. BELKERCHA Mohamed, Mr. ZERDANE Amar, Mlle. BENALLOU Soraya** et sans oublier **Djilali et Samir**.*

*Nous remercions aussi tout le personnel administratif et technique du Parc National de Theniet El Had - Tissemsilt.*

*Nous voulons exprimer toute notre reconnaissance aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail, à la source de tendresse, de générosité, de bonheur, à ceux qui ont consacré leur vie pour que je réussisse dans tout ce que j'entretiens, à mon cher père (paix à son âme) et ma chère mère ( je prie Dieu de lui préservé).*

*À Mon deuxième père, ABD ELKADER.*

*À mes très chers frères : MOHAMED, TAYEB, AHMED et KHALED.*

*À mes très chères sœurs : OM CHIKHE, KHEIRA.*

*À mes tantes et mes oncles*

*À mon binôme KHEIRA*

*À toutes mes amies sans exception et à toute la promotion de 5eme année*

*Biodiversité et écologie végétale.*

*AICHA*

# DEDICACE

*C'est avec une grande joie, que j'exprime ma gratitude en dédier ce modeste travail*

*A celui toujours aimé, jamais oublié, pour toujours marqué, mon PERE.*

*A mon soleil que je ne veux pas s'être éclipsé de mes jours, ma MERE.*

*A ma deuxième mère, ma sœur FATIMA.*

*A mes chers frères.*

*A mes chères cousines qui méritent de les appeler mes sœurs.*

*A mes nièces et mes neveux INES, ISLAM, FAÏCAL et FARAH.*

*A ma grande famille qui m'a soutenue.*

*A mes amis(es) qui n'ont jamais cessé de m'encourager, m'aider et m'aimer.*

*A toute ma promotion de 2<sup>eme</sup> année Biodiversité et Ecologie végétale sans exception.*

*Je ne pourrais oublier de dédier ce travail à ma partenaire Aicha.*

*Merci à ceux qui m'ont encouragé, même avec une bonne parole.*

*Kheira*

# TABLE DE MATIERE

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION 1

## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

1.	Généralités sur le Cèdre	2
1.1.	Systématique	2
1.2.	Aire de répartition naturelle	3
1.3.	Aire d'introduction	3
1.4.	Caractéristiques botaniques et dendrologiques	4
1.5.	Ecologie	5
1.5.1.	Altitude	5
1.5.2	Climat	5
1.5.3	Températures	5
1.5.4	Précipitations	5
1.5.5.	Substrat	6
1.5.6.	Exposition	6
1.5.7.	Lumière	6
1.5.8.	Association végétale du cèdre de l'Atlas	7
1.6.	Ennemies de Cèdre	7
1.7.	Intérêt et utilisation	9
1.8.	Régénération naturelle	9

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

2.1	Historique de cédraie	10
2.2	Présentation de la cédraie	10

2.2.1 Situation géographique	11
2.2.2 Superficie	12
2.2.3 Particularités	12
2.3 Aspect géologique	12
2.4 Aspect topologique	12
2.5 Aspect pédologique	12
2.6. Aspect climatique	13
2.6.1 Températures	13
2.6.2 Pluviométrie	14
2.6.3 Gelées	14
2.6.4 Grêles	14
2.6.5 Enneigement	14
2.6.6 Vent	14
2.6.7 Humidité	15
2.7 Aspect bioclimatique	15
2.8 Aspect hydrographique	17
2.9 Faune	17
2.10 Flore	17
2.11 Tourisme	18
2.12 Présentation de canton	18

### Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1 Echantillonnage	20
3.1.1 Echantillonnage stratifié	20
3.1.2 Echantillonnage subjectif	20
3.2 Choix des stations écologiques	20
3.3 Caractéristiques des placettes	21
3.4 Dendrochronologie	21
3.4.1 Lecture des cernes	21

3.4.2 Extraction des carottes de sondage	21
3.4.3 Préparation du matériel	22
3.4.4 Interdatation	22
3.4.5 Mesure de largeur des cernes	23
3.5 Traitement des données numériques	24
3.5.1 Outil de modélisation	24
3.5.2 Epaisseur moyenne des cernes	24
3.5.3 Sensitivité moyenne	24
3.5.4 Ecart-type	24
3.5.5 Analyse en composantes principales	25
3.5.6 Standardisation	25
3.5.7 Modèle ARMA	25

#### Chapitre IV : Résultats et discussions

4.1 Evaluation des épaisseurs brutes des cernes	26
4.2 Evaluation des épaisseurs standardisées des cernes	27
4.3 Analyse statistique des épaisseurs des cernes	28
4.4 Analyse en composantes principales	31
4.5 Modélisation de la croissance radiale ARMA	33
Conclusion	35
Références bibliographiques	

## LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes principales

ARMA : Autorégressif-moyenne mobile

EMC : Epaisseur moyenne des cernes

ET : Ecart-type

I : Indice de croissance

m : Température minimale

M : Température maximale

P : Précipitation

PNTEH : Parc National de Theniet El Had

Q<sub>2</sub> : Quotient d'Emberger

SM : Sensitivité moyenne

SO : Sud-Ouest

T : Température



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de situation du Parc National de Theniet El Had (PNTEH) .....	11
Figure 2 : Variations des températures mensuelles minimales, maximales et moyennes .....	13
Figure 3 : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude .....	15
Figure 4 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN .....	16
Figure 5 : Carte de présentation du canton Ourten (PNTEH).....	19
Figure 6 : Matériel utilisé (Tarière de PRESSLER, cutter, réglottes, colle, ruban adhésif) .....	22
Figure 7 : Loupe classique à grossissement (x 10) .....	23
Figure 8 : Loupe classique à grossissement (x 10) .....	23
Figure 9 : Variations interannuelles des épaisseurs brutes des cernes (station 01).....	26
Figure 10 : Variations interannuelles des épaisseurs brutes des cernes (station 02).....	26
Figure 11 : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes standardisées (station 01 .....	27
Figure 12 : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes standardisées (station 02).....	28
Figure 13 : Projection des populations dans l'ACP (axe 1 et 2), en fonction des épaisseurs brutes des cernes pour les stations 01 et 02 .....	31
Figure 14 : Projection des populations dans l'ACP (axe 1 et 2), en fonction des épaisseurs standardisées des cernes pour les stations 01 et 02.....	32
Figure 15 : Présentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (station 01) .....	33
Figure 16: Présentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 02.....	34

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Caractéristiques des stations écologiques .....	20
Tableau 2 : Statistiques descriptives des deux populations (Série brute) .....	28
Tableau 3 : Statistiques descriptives des deux populations (Série standardisée).....	30

# **INTRODUCTION**

# INTRODUCTION

La région méditerranéenne est l'une des régions les plus diversifiées dans le monde (hot spot), mais aussi l'une des régions les plus fragiles compte tenu des facteurs naturelles et d'autres historiques et anthropiques (**QUEZEL et MEDAIL, 2003**). D'après plusieurs études réalisées, cette même région est très vulnérable aux changements climatiques (**GIEC, 2007**), notamment les espèces forestières dont l'impact pourrait être grave pouvant même aboutir à la disparition de certaines espèces vulnérables.

Parmi ces espèces, le cèdre de l'Atlas est une essence peu abondante voire rare dans le couvert végétal d'Algérie, ceci lui offre le mérite d'être étudié suffisamment sous différents cotés et échelles. En raison de sa tolérance au stress climatique (**BOUDY, 1950**), de la qualité de son bois, du maintien d'un équilibre biotique et de son port remarquable et esthétique (**TOTH, 1980**) ; le Cèdre est devenu un élément type pour comprendre certains phénomènes affectant la biodiversité et l'équilibre écologique (**SARMOUM, 2016**).

Depuis quelques décennies, l'état de dégradation des cédraies est devenu alarmant par le manque de régénération naturelle et le phénomène de dépérissement qui a affecté les cédraies méridionales d'Algérie (**MESSAOUDENE *et al*, 2013**). La cédraie du Parc National de Theniet El Had n'a pas échappé à ce constat, les forestiers et chercheurs sont unanimes à la nécessité de prendre des mesures en urgence pour améliorer l'état des peuplements, comprendre les facteurs qui sont à l'origine de cette dégradation et proposer des solutions (**SARMOUM, 2016**).

La modélisation de la croissance est un excellent outil pour comprendre l'autoécologie et l'adaptation du Cèdre de l'Atlas avec son milieu. Résultante de plusieurs actions combinées de ce dernier, le cerne (anneaux annuels) représente un élément majeur de toute étude dans ce contexte. L'objectif de notre travail consiste à définir les modèles de croissance du Cèdre de l'Atlas dans sa limite de tolérance de la sécheresse soit dans le versant sud (canton Ourten) et ce dans le parc National de Theniet El Had. Nous tenterons de mettre en évidence les principaux facteurs qui régissent la croissance de l'espèce et comprendre son comportement avec les variations des conditions du milieu notamment les conditions climatiques.

Pour répondre à nos objectifs nous avons scindé ce travail en deux parties précédées par une introduction (une partie bibliographique et une partie expérimentale) comprenant chacune deux chapitres qui sont respectivement : généralités sur le cèdre de l'Atlas (Chapitre I), une description de la zone d'étude (Chapitre II), matériels et méthodes (chapitre III) et résultats et discussion (chapitre IV). Nous terminons ce travail par une conclusion.

**CHAPITRE I :**  
**Généralités sur le Cèdre de**  
**l'Atlas**

### 1. Généralités sur le Cèdre

Le genre *Cedrus* appartenant à la famille de pinacées, est considéré comme étant le plus ancien après le genre *Pinus* (GAUSSEN, 1964) est représenté par quatre espèces : deux au proche orient *Cedrus libani* Barr en Turquie, en Syrie et au Liban et *Cedrus brevifolia* Dode à Chypre, une en Afrique du nord *Cedrus atlantica* Manetti au Maroc et en Algérie et une dans l'Himalaya *Cedrus deodora* Loud en Afghanistan et sur le versant sud et de l'Himalaya occidental. Hormis leur tempérament montagnard commun, elles poussent dans les conditions climatiques variées avec corolaire des caractéristiques d'adaptation probablement très différents : entre le bassin méditerranéen et l'Himalaya évidemment mais aussi à l'intérieur même de ces deux grandes zones géographiques (vis-à-vis de la pluviométrie le Rif s'oppose aux l'Aurès algériens et l'Himalaya occidental à l'Afghanistan) (ARBEZ *et al*, 1978).

En termes de surface, le Maroc et la Turquie sont au premier plan avec plus de 130.000 ha dans chacun des deux pays (M'HIRIT, 1999). Parmi ces quatre espèces de *Cedrus* citées, c'est le Cèdre de l'Atlas est une essence endémique des montagnes de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie). Il est d'ailleurs considéré par plusieurs auteurs comme l'espèce la plus importante économiquement et écologiquement de la montagne méditerranéenne.

#### 1.1. Systématique

D'après QUEZEL *et* SANTA (1962), la systématique du genre *Cedrus atlantica* Manetti est la suivante :

- ⊙ **Embranchement** : Spermaphytes ;
- ⊙ **Sous embranchement** : Gymnospermes ;
- ⊙ **Classe** : Vectrices ;
- ⊙ **Ordre** : coniférales ;
- ⊙ **Famille** : Pinaceae ;
- ⊙ **Sous famille** : Abietiées ;
- ⊙ **Genre** : *Cedrus* ;
- ⊙ **Espèce** : *Cedrus atlantica Manetti* ;

- ⊙ **Nom arabe** : El Erz, Meddad ;
- ⊙ **Nom berbère** : Bignoun Ithguel.

### 1.2. Aire de répartition naturelle

*Cedrus atlantica* s'organise en sept blocs, en Afrique du Nord, dont quatre dans les montagnes marocaines et trois dans les montagnes algériennes (**M'HIRIT et al, 1993**). **Au Maroc** : Il occupe le Rif (y compris les sommets du Tazzeka) avec environ 10.000 ha, le Moyen Atlas oriental (environ 10.000 ha), le Moyen Atlas tabulaire (60.000 ha) et le Haut Atlas Oriental (moins de 10.000 ha) (**QUEZEL, 1998**). **En Algérie** : les peuplements du Cèdre de l'Atlas occupent une surface d'environ 30 000 ha, ils sont localisés au centre et à l'Est, où ils forment de belles futaies très morcelées (**QUEZEL et MEDIAL, 2003**), les peuplements les plus importants se rencontrant dans les Aurès (**AUSSENAC, 1984**); il est limité aux montagnes de l'Ouarsenis et l'Atlas Mitidjien (**FABRE, 1976**) le Cèdre se trouve dans le centre et l'est, dans huit stations discontinues, réparties sur les Atlas tellien et saharien :

- L'Atlas tellien, en situation sublittoral, constitue le premier site d'étude, avec d'abord le massif de Chréa dans l'Atlas Blidéen, puis le massif du Djurdjura, longue chaîne d'une cinquantaine de kilomètres de long qui occupe la partie centrale de l'Atlas tellien. Le mont Babor fait suite à la chaîne du Djurdjura dans la partie orientale de l'Atlas tellien. En situation semi-continentale, dans l'Ouarsenis, le djebel El Meddad, ou mont des Cèdres, constitue le principal chaînon du Tell occidental.
- L'Atlas saharien, deuxième site d'étude, regroupe, en ambiance continentale, les massifs montagneux de l'Aurès et qui constituent la cédraie la plus vaste (17 000 hectares) (**BOUCHON et PARDE, 1986**).

### 1.3. Aire d'introduction

Le Cèdre de l'Atlas a été introduit dans plusieurs pays à travers le monde à cause de son extension rapide quand les conditions sont favorables.

-En France, cette espèce a été introduite en zone méditerranéenne à partir de 1860 comme essence de reboisement de basse et moyenne montagne, entre 600 et 1100m dans le Ventoux, (**FEROUX, 2002**) ; on cite habituellement les dates d'introduction de 1886 en France.

## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

-En Italie, en 1864, dans la forêt domaniale de Badia Prataglia à 900 m d'altitude (**FABRE, 1976**).

-L'introduction du cèdre de l'Atlas est signalée aussi dans les Etats Américains Pennsylvanie, New York, Côte pacifique.

-Introduit en URSS, en Crimée et 91 dans le Caucase vers 1890 (**M'HIRIT, 1999**) introduit à titre expérimental en Yougoslavie, en Espagne, au Portugal, en Angleterre et en Belgique (**NEDJAH, 1988**). Le cèdre a été introduit même en dehors des pays du pourtour méditerranéen. En U.R.S.S comme espèce de reboisement en 1890. Aux états unis il est parfaitement adapté et fait actuellement l'objet de vastes projets le reboisement (**NEDJAH, 1988 in HOUAMEL, 2012**).

### 1.4. Caractéristiques botaniques et dendrologiques

Le Cèdre d'Atlas est une espèce monoïque à un port conique pyramidal chez l'arbre jeune, et présente de grosses branches étalées et une cime tabulaire chez l'arbre âgé (**BOUDY, 1950**), généralement il dépasse les 50 à 60 m d'hauteur ; et 1 à 2 m de la circonférence du tronc (**SABATIER et BARTHELEMY, 1994**).

- ❖ **Les aiguilles** : sont persistantes de 3 à 4 ans avec une longueur de 1 à 2 cm, de couleur verte ou glauque, sur rameaux longs isolés ; et soudés à l'écorce sur les rameaux courts (**GUYON, 1998**).
- ❖ **Les inflorescences** : males sont d'un jaune verdâtre alors que les inflorescences femelles sont d'une verte pale (**DEBAZAC, 1964**).
- ❖ **Fruits** : sous forme des cônes dressés gros (5 à 8 cm larges), déprimés au sommet, lisses ; écailles, minces, coriaces, très serrées ; verts, puis bruns violacé ; se désarticulent par l'humidité et les axes demeurent sur les branches, fructification régulière et abondante. Graine marron roux à marron clair assez grosse, pointue et longue avec une aile développée sub-triangulaire ; 8 à 12 cm de long ; peut dépasser 0.1 g de poids (**ABOUROUH, 1983 in KHANFOUCI, 2005**).
- ❖ **Ecorce** : grise, écaillée et lisse devenant crevassée avec l'âge (**M'HIRIT, 2006**).
- ❖ **Racine** : Le système racinaire est développé, mais rarement pivotant et la stabilité de l'arbre est bien assurée (**BOUDY, 1950**).
- ❖ **Longévité** : Sa longévité paraît fabuleuse dépasse certainement 600 à 700 ans, on lui attribue 1000 ans et plus (**CHEBOUKI, 1994 ; ARNAUD, 1997 in ABDESSEMED, 1981**), il peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (**BOUDY, 1950**).



## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

### 1.5. Ecologie

*Cedrus atlantica* est une espèce montagnarde, qui exige un certain nombre de conditions écologiques.

#### 1.5.1. Altitude

Dans son aire naturelle, le Cèdre de l'Atlas est considéré comme une essence montagnarde. L'altitude influence le Cèdre par les conditions climatiques, notamment les précipitations et les températures, plus l'altitude est élevée, plus les précipitations moyennes sont élevées et les températures sont basses.

Selon **BOUDY (1950)**, la limite altitudinale inférieure du Cèdre dans les Aurès et dans le Rif est à 1400 m, tandis que la limite supérieure peut aller jusqu'à 2300 m au Chéla et 2800 m au Maroc.

#### 1.5.2 Climat

Le Cèdre de l'Atlas pourrait être considéré comme une essence de climat de transition, on la trouve dans les climats froids et humides, et les climats chauds et secs (**AUSSENAC, 1984**) ; son aire est associée au climat méditerranéen.

Selon (**AUSSENAC, 1984**), son optimum serait un climat à hiver frais et à été sec.

#### 1.5.3 Températures

Les températures jouent un rôle très important dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques, se sont qui contrôlent la répartition des végétaux sur la surface du globe.

Le Cèdre s'adapte à des extrêmes de températures pouvant aller de -20 °C à +39°C. Il peut également résister à de très basses températures (-25°C) (**BOUDY, 1950**). D'une manière générale, on constate que le Cèdre de l'Atlas est une espèce pouvant se développer dans les conditions climatiques variées.

#### 1.5.4 Précipitations

Ce sont les uns des facteurs qui déterminent la survie du Cèdre. La pluviométrie indispensable pour le Cèdre varie d'une station à l'autre.

Dans son aire naturelle, le Cèdre reçoit des précipitations qui varient de 400 mm à 1.500 mm (**BENABID, 1994**).

## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

Dans l'Aurès, il ne reçoit qu'une tranche de 450 mm à 500 mm et ressent de l'influence desséchante du Sahara voisin (**BOUDY, 1950 ; TOTH, 1980 ; M'HIRIT, 1999**).

Dans les monts de Babors et le Rif marocain, cette tranche est de l'ordre de 1.400 mm à 1.500 mm (**TOTH, 1980**).

La station préférée du Cèdre se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver froid (850 mm à 1.200 mm), où se localisent les  $\frac{3}{4}$  des cédraies marocaines (**BOUDY, 1950**).

### 1.5.5. Substrat

Le substratum géologique constitue également un facteur de répartition des cédraies, on constate que le Cèdre se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des basaltes, de la dolomie, des marno-calcaires, des marno-schistes, des dolomies ; des calcaires dolomitiques, des schistes et des grès au Maroc ; et sur des grès blancs, des dolomies, des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des marnes en Algérie (**BOUDY, 1950 ; TOTH, 1980**).

### 1.5.6. Exposition

C'est un facteur très important qui contrôle la répartition des pluies et des températures. En Algérie comme au Maroc, les vents humides sont de direction Nord-Ouest.

Au Maroc, la plupart des cédraies sont exposées aux vents d'Ouest chargés d'humidité (**ABOUROUH, 1983 in KHANFOUCL, 2005**). En Algérie, les expositions Nord et Nord-Ouest sont non seulement bien arrosées mais également à l'abri des vents desséchants (**BENTOUATI et BARITEAU, 2006**). On rencontre les plus belles cédraies sur les versants nord, leur limite inférieure est plus basse que celle de l'exposition sud. Cette dénivellation est due à la variation d'humidité (**EMBERGER, 1983**).

### 1.5.7. Lumière

Divers facteurs influencent l'atténuation de la lumière dans les peuplements forestiers particulièrement la composition, la densité, la structure, l'architecture du peuplement, l'état du ciel et l'angle solaire.

L'arbre adulte est adapté à la pleine lumière et supporte de forte insolation. Dans sa jeunesse, il tire profit de la demi-lumière et de la présence d'un abri latéral ou d'un

couvert modéré qu'il faut supprimer lorsque les sujets atteignent 1,5 m (JACAMON *et* GIRARDET, 1984).

### 1.5.8. Association végétale du cèdre de l'Atlas

La richesse floristique des cédraies est estimée à un millier d'espèces dont environ 10% d'arbres, 15% d'arbustes et 75% de plantes herbacées annuelles ou pérennes (M'HIRIT *et al*, 1993). Son association végétale, sous forme de futaie dense, présente deux types bien distincts : un faciès relativement sec qui est surtout celui de l'Algérie que l'on retrouve aussi au Maroc dans le grand Atlas Oriental, avec l'Erable de Montpellier, le Pin d'Alep, le Chêne vert, le Genévrier thurifère, le Frêne dimorphe, l'Épine vinette d'Espagne, l'Aubépine monogyne, le Buis des Baléares ... etc. Un faciès humide avec le Houx, le Chêne vert, les Erables, le Merisier, l'Alisier blanc, l'If, le Ciste à feuille de Laurier, le Daphné, la Pivoine, la Digitale, le Cyste, les Ronces... etc (YAHY, 2007).

Donc le Cèdre participe à des groupements très variés dans des conditions écologiques très diverses allant du semi-aride à l'humide et sur différent substrat (ABDESSEMED, 1981).

### 1.6. Ennemies de Cèdre

*Cedrus atlantica* est menacée par plusieurs facteurs qui la dégradent ou la déperissent, tels que :

#### ❖ Animaux :

Les lapins et les lièvres s'attaquent facilement beaucoup plus rarement, il arrive que les sangliers déterrent les mottes pour croquer les racines (RIOU-NIVERT, 2005).

#### ❖ Insectes :

Les insectes qui s'attaquent aux arbres affaiblis par des aléas climatiques (gel, sécheresse...), mécaniques (bris, chablis) ou pathologiques (champignons, insectes ...).

- **Les Sirex** : ils ne colonisent que les sujets affaiblis, les chablis ou les bois récemment abattus (RIOU-NIVERT, 2005).
- **La tordeuse du Cèdre (*Epinotia cedricida* Diak)** : en détruisant totalement le feuillage, en période hivernale, cette chenille occasionne de graves atteintes à

## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

l'arbre qui est obligé, pour former de nouvelles aiguilles, de mobiliser ses réserves. Il en résulte un affaiblissement qui peut le rendre vulnérable à des accidents climatiques ou des ravageurs secondaires (RIOU-NIVERT, 2005).

- **Le puceron du Cèdre de l'Atlas (*Cedrobium laportei* Rem)** : Les dégâts se produisent préférentiellement à faible altitude. L'essence résiste mal aux piqûres répétées des larves et adultes, ce qui provoque une chute des aiguilles, le dessèchement des branches, de la cime et quelquefois la mort de l'arbre. La réduction du feuillage se traduit par une baisse de croissance et une perturbation de la mise à fruits. Il ne faut donc pas installer le Cèdre dans les stations inadaptées (RIOU-NIVERT, 2005).
  - Selon M'HIRIT *et al.*, (2006), l'*Epinotia algeriensis*, elles peuvent pulluler et constituer un danger, ou, aussi vivre dans l'aire du Cèdre à l'état de latence sans présenter de risques pour l'arbre.
  - *Megastigmus suspectus* : cet insecte qui parasite les graines peut compromettre la récolte dans les années de faible production (RIOU-NIVERT, 2005).
  - **La processionnaire (*Thaumetoporea pityocampa*)** : la processionnaire peut occasionner des dégâts même dans les meilleures stations (RIOU-NIVERT, 2005).
- ❖ **Maladies cryptogamiques :**
- Se sont dangereux et redoutables. Il s'agit surtout du *Trametes pini* et *Polyporus officinalis* qui provoquent la décomposition et l'altération du bois. L'*Armillaria mellea* provoque le dessèchement des rameaux (BOUDY, 1950 ; 1952 ; PESSON, 1978 ; VEGH, 1987 in BOUAZZA, 2006).
  - Selon M'HIRIT (1999), on note que, parmi les agents cryptogamiques les plus nocifs, certains comme les champignons responsables de la fonte des semis *Pythium*, *Phytophthora* ou *Fusarium*, malgré qu'ils ne sont pas spécifiques du Cèdre.
  - Le champignon *Phellinus chrysoloma* provoque une pourriture du bois.

## Chapitre I : Généralités sur le Cèdre de l'Atlas

### ❖ Incendie :

De toutes les espèces qui composent la forêt méditerranéenne, le Cèdre est le moins inflammable et le moins combustible. En peuplement dense, le Cèdre élimine toute végétation herbacée, de ce fait il est peu propice au feu **(BOUDY, 1950 ; TOTH, 1980)**.

### ❖ Actions anthropiques:

Plusieurs facteurs font pression sur les cédraies. Les principaux sont les facteurs climatiques, écologiques et anthropiques. Ses ennemis naturels sont quelques-uns des insectes, mammifères et oiseaux cités plus haut, des champignons et des végétaux parasites. Mais c'est sans conteste l'Homme qui lui cause le plus de dégâts. Il pratique dans les cédraies de manière trop intensive la coupe, le défrichage et le parcours, c'est-à-dire la libre circulation des troupeaux, principalement des ovins et des caprins **(EL YOUSFI, 1994)**.

### 1.7. Intérêt et utilisation

Le bois de Cèdre est apte à de nombreux usages : déroulage, tranchage, ébénisterie, menuiserie, construction **(GUYON, 1998)**.

### 1.8. Régénération naturelle

La maturité sexuelle du Cèdre est atteinte vers l'âge de 30 ans et il y a une production de graines très importante tous les 3 ou 5 ans : le Cèdre a une bonne aptitude à la régénération naturelle. La désarticulation des cônes nécessite gel et humidité (difficulté à basse altitude). Les semis de 1 an sont très sensibles à la sécheresse et aux gelées tardives. Plus la station est favorable, plus la régénération sera abondante mais à condition qu'il n'y ait pas trop de concurrence herbacée **(GUYON 1998)**.

**CHAPITRE II :**

**Présentation de la zone  
d'étude**

### 2.1 Historique de cédraie

Une forêt qu'on dirait née par une magie superbe du créateur, qui a charmé historiens, explorateurs, militaires et saints de toutes les époques. Malgré une histoire tumultueuse résultant de toutes les invasions que le pays a connues, cette région est restée féerique avec une des rares cédraies d'Algérie. Le fort militaire colonial de Theniet El Had fut installé en avril 1843. Au cours de la même période, le génie militaire entama, sans la participation du service forestier, l'exploitation des beaux Cèdres, cette merveille naturelle attira le délégué financier Jordan qui construisit plus tard un chalet au Rond-Point, en 1887 et l'utilisa pendant trente six années consécutives pour y venir passer l'été avec sa famille. Le général De Bonneval rapportait avec une émotion particulière que « le Rond-Point est un vrai paysage de Suisse ou des Alpes de Savoie, faisant ainsi procurer un séjour de rêve bien digne d'attirer l'attention des touristes » (ZEDEK, 1993).

La valeur artistique de la forêt et les soins de surveillance particuliers de la part du service forestier ont conduit le Gouvernement Général de l'Algérie à ériger la cédraie de Theniet El Had en Parc National. Ce fût alors le 03 août 1923 que naquit le premier Parc National de l'Algérie sur une superficie de 1563 ha (ZEDEK, 1993).

Après l'indépendance, le gouvernement algérien décide la sauvegarde de cette cédraie et la reprocrame Parc National le 23 juillet 1983 par décret n° 83-459, sur une superficie de 3424 ha (ZEDEK, 1993).

### 2.2 Présentation de la cédraie

La cédraie de Theniet El Had (TEH) est située sur le versant sud de l'Atlas tellien et distance d'environ 50 km du chef-lieu du département de Tissemsilt.

Elle représente l'unique cédraie occidentale d'Algérie. Les peuplements de Cèdre de l'Atlas apparaissent à partir de 862m d'altitude, pour atteindre le point culminant de 1787 m. Les sols sont peu évolués, d'apport colluvial, non carbonaté, peu profonds jalonnés souvent par la roche mère et entrecoupés d'escarpement rocheux. Cette cédraie appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver froid, où la saison sèche s'étale du mois de mai jusqu'au mois de septembre. Les précipitations annuelles sont irrégulières et s'élèvent en moyenne à 792 mm/an (DGF, 2005).

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

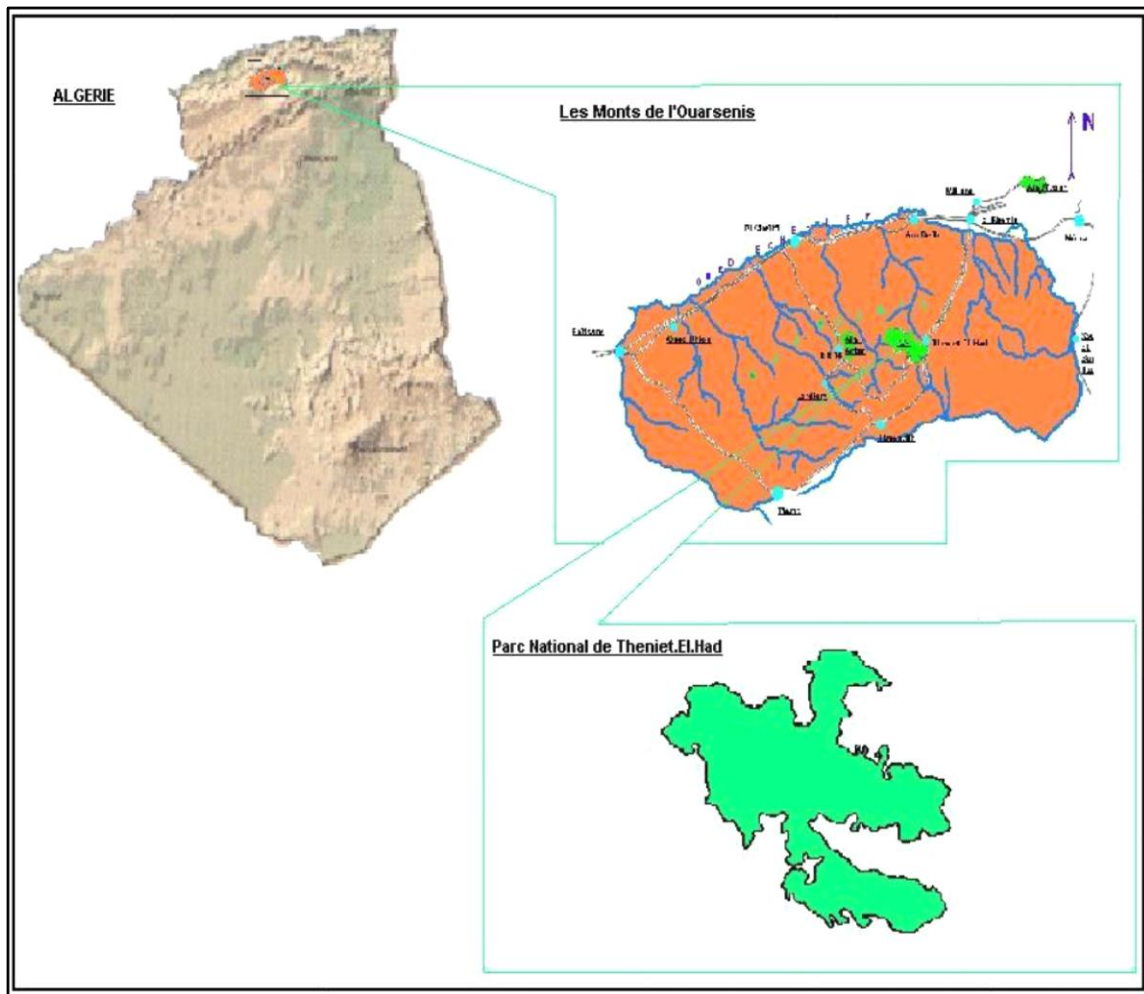
### 2.2.1 Situation géographique

Le parc national de Theniet El Had (figure 1) est un massif forestier localisé dans la wilaya de Tissemsilt. C'est un ensemble de sites agréables s'étendant sur les deux versants nord et sud du djebel El Meddad. Il fait partie de la chaîne de l'Ouarsenis comprise entre les monts de Béni Chougrane à l'Ouest, les monts de Tetteri à l'Est, la vallée du Chelif au Nord et les plaines du Sersou au Sud.

Le parc national est situé à environ 1,8 km à l'ouest de la ville de Theniet El Had, suivant les coordonnées géographiques suivantes :

Y = 35° 54' 04" et 35° 49' 41" de latitude Nord

X = 02° 02' 04" et 01° 52' 45" de longitude Est



**Figure 1** : Carte de situation du Parc National de Theniet El Had (PNTEH, 2018).



## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

### 2.2.2 Superficie

Le parc s'occupe une surface de 3.424 ha dont 87% couvert de végétation (PNTH, 2018). Le versant Nord du parc, plus froid et plus humide, où le Cèdre de l'Atlas occupe 2/3 des peuplements forestiers. Le versant Sud, le plus chaud, dont le Cèdre de l'Atlas présente 3/5 du massif forestier. Ce versant est plus exposé aux incendies dus à la présence du chêne liège surtout à sa partie inférieure. Le versant Ouest du parc comporte une faible étendue du peuplement de cèdre (ZEDEK, 1993).

### 2.2.3 Particularités

- Premier espace protégé en Algérie (03/08/1923) ;
- Cédraie occidentale ;
- Subéraie à plus de 1.000 m d'altitude.

### 2.3 Aspect géologique

La structure géologique est composée de divers substrats, essentiellement de calcaire, de marne et de schiste dans les basses altitudes. Elles relèvent des sédiments oligocènes développés en facies numidien constituant la base de la structure géologique du massif forestier. Le relief est très influencé sur les versants développés en grès numidien et sous talus par les particularités litho structurales (ZEDEK, 1993).

### 2.4 Aspect topologique

Le parc national présente généralement trois expositions distinctes : Nord, Sud et Ouest. Compris entre 1277m et 1786m d'altitude, il est entrecoupé de quelques cuvettes encaissées. La crête principale culmine à 1786m d'altitude au lieu dit RAS ELBRARET relevant du canton ROND-POINT (PNTEH, 2018).

### 2.5 Aspect pédologique

On distingue, d'après une étude d'une équipe Bulgare trois types de sols (M.H.E.F, 1984) :

- ❖ **Sol d'apport colluvial** : appartenant à la classe des sols peu évolués, ils se localisent sur des terrains à faibles pentes. Ils se caractérisent par une hétérogénéité de structures et de textures, résultant des phases successives de colluvionnement.

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

- ❖ **Lithosols** : appartenant à la classe des sols minéraux bruts d'érosion, ces sols se localisent sur les fortes et moyennes pentes où l'érosion hydrique y est accentuée.
- ❖ **Sols brunifiés lessivés**: sont de type ABC de profil pédologique complet. L'horizon superficiel est riche en azote, en potassium et en matière organique.

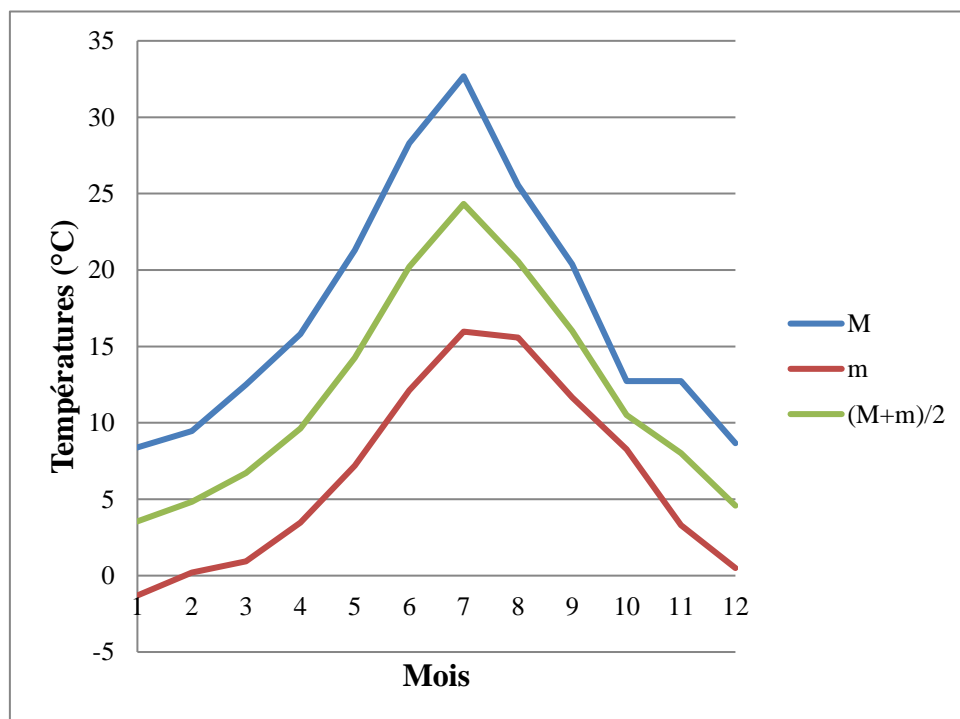
### 2.6. Aspect climatique

Par absence de station météorologique au niveau de notre zone d'étude nous nous sommes contraintes à se référer aux données de **SELTZER (1946)**, ce dernier révéla qu'à chaque augmentation altitudinale de 100 m :

- ❖ La pluviométrie augmente de 40 mm.
- ❖ La température maximale baisse de 0.7 °C.
- ❖ La température minimale baisse de 0.45 °C.

Par manque de données climatiques récentes au niveau de la cédraie de Theniet El Had, nous nous sommes aussi référés aux données de Theniet El Had qui correspondent à la période 2002-2012.

#### 2.6.1. Températures



**Figure 2** : Variations des températures mensuelles minimales, maximales et moyennes (2000-2012)

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

L'analyse de la figure 2 montre que la température atteint le maximum pendant le mois de Juillet avec (32.68° C), par contre le minimum est enregistré pendant le mois de Janvier avec (-1.3 °C).

### 2.6.2. Pluviométrie

L'analyse des précipitations et leur répartition dans le temps et dans l'espace sont utiles. Ces précipitations constituent un facteur abiotique d'importance significative sur la régénération des plantes.

### 2.6.3. Gelées

Les gelées blanches sont fréquentes en hiver et absent en été.

### 2.6.4. Grêles

La grêle est néfaste surtout en période de germination et de la floraison **SELTZER (1946)** signale que le nombre de jours de grêle est faible durant toute l'année. Le maximum est enregistré pendant la période hivernale (Janvier, Février, Mars).

### 2.6.5. Enneigement

La couverture neigeuse joue un rôle d'isolant qui protège efficacement du froid les jeunes semis de Cèdre de l'Atlas. Cependant, la persistance de celle-ci constitue un facteur écologique défavorable par la réduction de la période végétative (**HADJI, 1997 in GUITTOUN, 2004**). **SELTZER (1946)** a enregistré dans la station de Theniet El Had un nombre moyen annuel de jours de neige égale à 22 jours durant la période 1913-1938.

### 2.6.6. Vent

Le vent est un facteur écologique déterminant dans la dissémination des graines ainsi que la stabilité et la qualité du bois des arbres.

D'après les données de **SELTZER (1946)** enregistrées durant la période 1913-1938, les vents dominants sont ceux du Nord-ouest (NW) et Nord (N) avec une fréquence moyenne respective de 28 et 17 par an.

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

### 2.6.7. Humidité

Elle augmente pendant la nuit en compensant la perte d'eau en jour. Cette humidité est enregistrée dans la région de l'aire protégée du mois de décembre à mai qui diminue progressivement (SELTZER, 1946).

## 2.7. Aspect bioclimatique

### 2.7.1. Climagramme pluviométrique

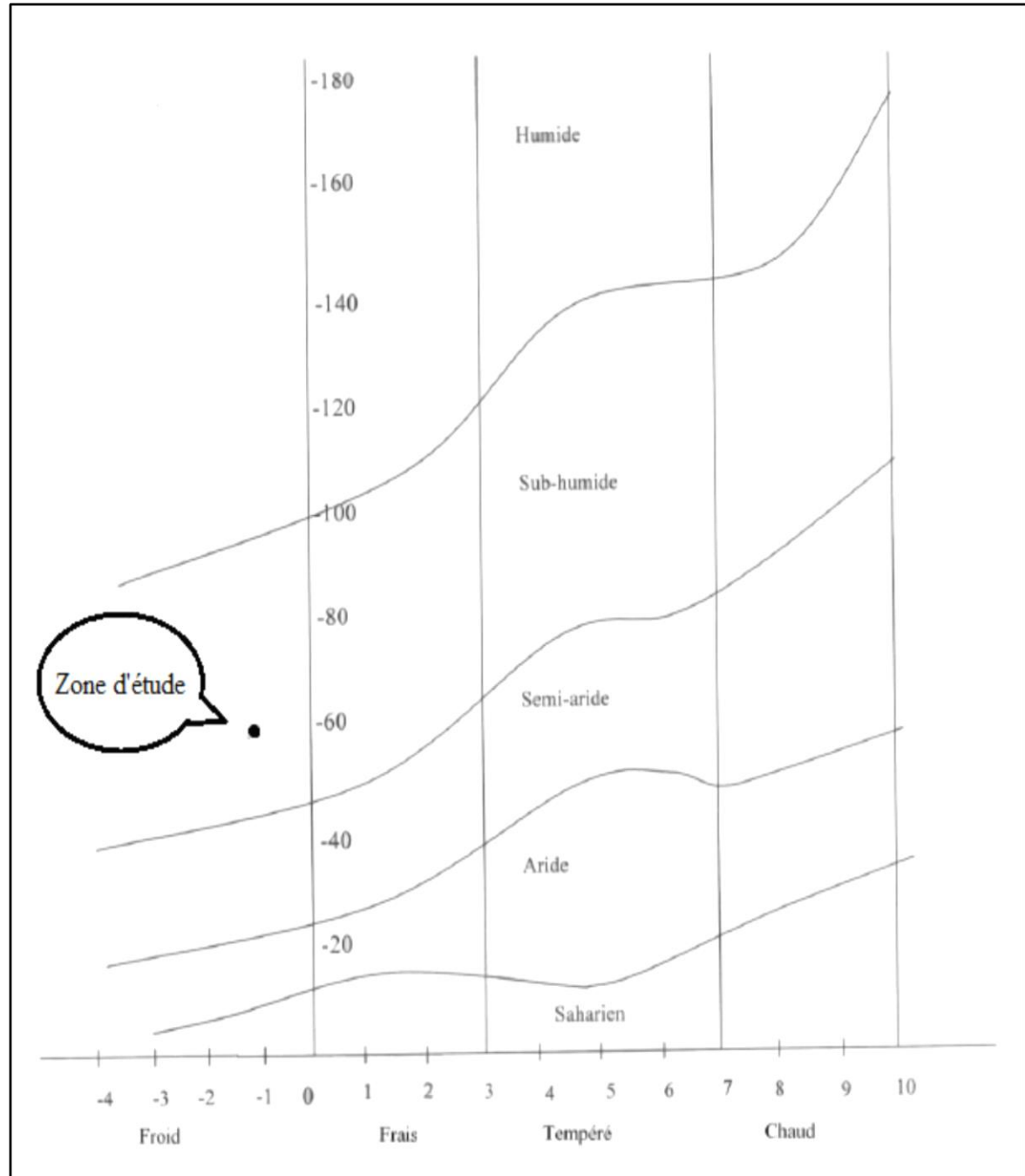


Figure 3 : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

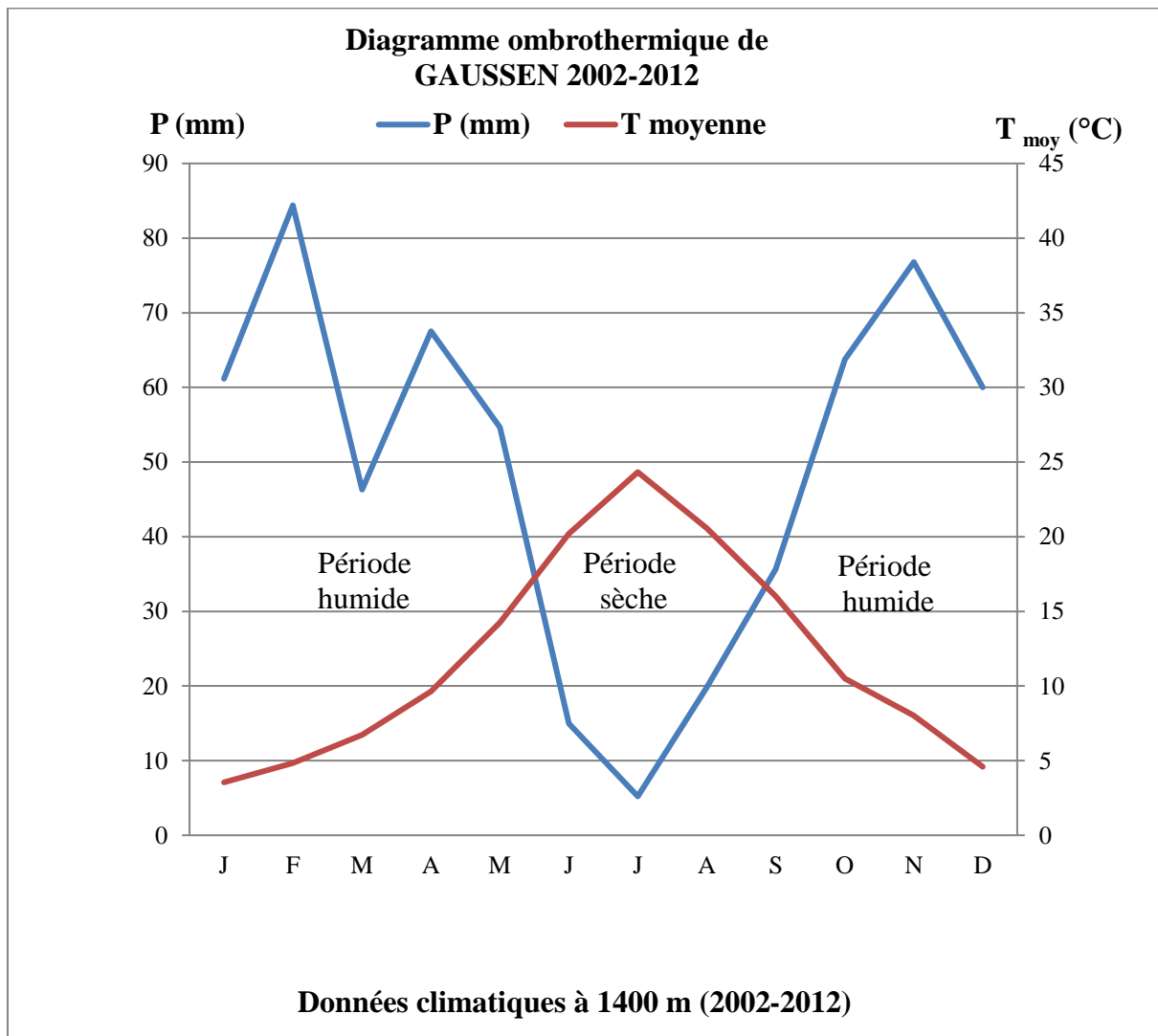
Le calcul du Q2 d'Emberger de la zone d'étude (figure 3), montre que la valeur de cet indice est de 59,57. Il en résulte un étage bioclimatique sub-humide à hiver froid avec un minimum de (-1,3 °C).

### 2.7.2. Diagramme ombrothermique de BAGNOUL ET GAUSSEN

Les mois secs et les mois humides peuvent être définis à l'aide de la formule suivante :  $P \leq 2T$

Avec :

**P** : précipitation mensuelle ; **T** : température moyenne mensuelle.



**Figure 4 :** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (2002-2012)

La figure 4 met en évidence la période sèche de la station d'étude. La période sèche indique l'augmentation des températures et la diminution des précipitations durant quatre

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

mois qui correspondent à la période estivale qui commence vers le mi-Mai et se termine vers la fin du mois de Septembre.

### 2.8. Aspect hydrographique

Plusieurs sources d'eau sont recensées au niveau du parc national dont certaines sont captées et utilisées par la population riveraine. Parmi lesquelles, on cite :

- Source d'Ain Harhar (canton Rond-Point);
- Source Djedj Elma (canton Pré-Benchohra);
- Source Toursout (canton Pré-Benchohra);
- Source Ourten (canton Ourten).

Il existe à la périphérie du PNTEH deux oueds qui sont captés et utilisés par les riverains de la région :

- Oued El-Mouilha au Nord du Parc.
- Oued El-Ghoul au Sud du Parc.

### 2.9. Faune

La faune du parc national de Theniet El Had est très variée renferme 520 espèces : on recense vingt trois espèces de mammifères dont treize protégés, cent deux espèces d'oiseaux dont 37 protégés, 368 espèces d'insectes dont 12 protégés et 5 espèces des amphibiens et 18 espèces de reptiles (**PNTEH ,2018**).

### 2.10. Flore

La végétation du Parc National de Theniet El Had est très variée ou les peuplements forestiers représentent les 87% de la superficie totale, le reste est à l'état de végétation basse la flore comprend 626 espèces dont beaucoup sont endémiques à l'Algérie (**PNTEH 2018**).

Les peuplements de Cèdre se trouvent rarement à l'état pur. Sur le versant nord, ils sont mélangés avec le Chêne vert dans les basses altitudes et avec les Chêne zeen dans les hautes altitudes. Sur le versant sud, les peuplements de Cèdre se rencontrent dans les hautes altitudes en mélanges avec le Chêne zeen (**ZEDEK, 1993**).

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

On trouve le Chêne zeen dans les hautes altitudes en mélange avec le Cèdre et dans les basses altitudes avec le Chêne vert et le Chêne liège (**KAOUANE, 1987 ; ZEDEK, 1993**).

Le Chêne vert se trouve dans les parties inférieures du versant Nord à l'état de futaie et des rejets de brins, sur le versant sud, on le rencontre au dessous de 1400 m d'altitudes sous forme de rejets de souche. Et le Chêne liège en mélange avec le Cèdre et le Chêne zeen au niveau des hautes altitudes et en mélange avec le Chêne vert dans les basses altitudes, à l'état de futaie ou en taillis (**ZEDEK, 1993**). Autres espèces sont à relever même si elles ne forment pas de peuplements individualisés. Il s'agit du Pistachier de l'Atlas que l'on retrouve dans un substrat d'éboulis au niveau du versant Nord (Rond-point, Guerouaou, Pépinière) et long de cours d'eau (Sidi-Abdoun, Fersiouane, Ourten). Le Frêne commun forme des petits bouquets très isolés (Pépinière, Rond-point et Toursout). Le Genévrier oxycèdre est présent en strate dominée à travers tout le Parc National. Des espèces autochtones rares sont aussi à signaler : Pin des canaries, Orme, Prunier sauvage, Erable de Montpellier, Merisier,...

### 2.11. Tourisme

Selon le **PNTEH (2018)**, la plus grande influence vers le site forestier el « Meddad » est enregistrée notamment en fin de semaine, et en provenance de plusieurs wilayas voisines ou éloignées comme Tiaret, Ain Defla, Media, et Alger durant les données 2004, 2005, 2500 à 3000 visiteurs y ont été recensés. Ces visites sont répertoriées dans le cadre du :

- Tourisme récréatif (familles) ;
- Tourisme scientifique ou de découvert (sorties pédologique des étudiant chercheurs, clubs scientifiques).

### 2.12. Présentation de canton Ourten

Le canton Ourten situe au fond d'une combe boisée. A proximité d'une source d'eau ferrugineuse. Au dessous de la maison forestière. Et sur le montagne, se trace un panorama splendide. (**LOUKASS, 2006**).

2.12.1. Superficie et délimitation

Le canton Ourten (figure 5) est limité au nord par le canton Djouareb et le canton Pré Benchohra, à l'est par le canton Sidi Abdoun, au sud par le canton Ferciouane et à l'ouest par le canton Kef Siga.

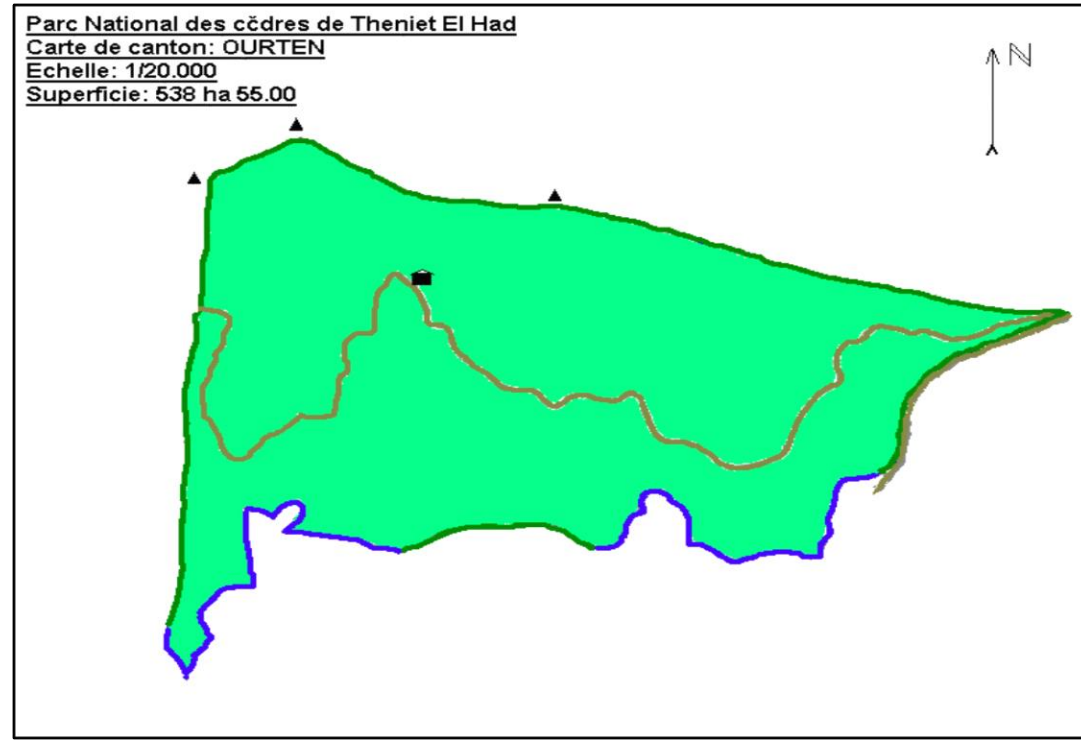


Figure 5 : Carte de présentation du canton Ourten (PNTEH, 2018)



# **CHAPITRE III :**

## **Matériels et méthode**

### 3.1. Echantillonnage

Pour ce qui est de notre étude, un échantillonnage mixte (stratifié et subjectif) a été adopté.

#### 3.1.1. Echantillonnage stratifié

C'est une technique qui consiste à subdiviser une population hétérogène en sous population ou « strates » plus homogènes, mutuellement exclusives et collectivement exhaustives. Un échantillon indépendant est par la suite prélevé au sein de chacune des strates en appliquant un plan d'échantillonnage au choix de l'écologiste (**FRONTIER, 1983**).

#### 3.1.2. Echantillonnage subjectif

Echantillonnage subjectif consiste à choisir les échantillons qui paraissent les plus représentatifs et suffisamment homogènes (**LONG, 1974**).

### 3.2. Choix des stations écologiques

Pour le choix des stations écologiques (tableau 1) et le prélèvement subjectif du matériel végétal, deux stations ont été choisies selon un échantillonnage stratifié subjectif qui tient en compte : l'altitude, la pente, l'exposition et la nature du peuplement.

**Tableau 1** : Caractéristiques des stations écologiques

Station	Station 01	Station 02
Altitude	1460 m	1550 m
Exposition	S.O	S.O
Pente %	10-20	30-40
Sol	Grés	Grés
Type physiologique	Forêt claire	Forêt dense
Recouvrement %	65	90
Composition en essence	- <i>Cedrus atlantica</i> - <i>Quercus ilex</i> - <i>Quercus suber</i>	- <i>Cedrus atlantica</i> - <i>Quercus faginea</i> - <i>Quercus suber</i>

	- <i>Jeniperus oxycedrus</i>	- <i>Jeniperus oxycedrus</i>
--	------------------------------	------------------------------

### 3.3. Caractéristiques de placettes

Nous partons du principe que la dimension choisie doit englober un certain nombre d'arbres suffisants, pour que la placette soit susceptible de représenter réellement une portion du peuplement étudié mais assez petite pour que le temps consacré à chacune des placettes ne soit pas excessif et fastidieux (**HUSCH, 1971**).

Les placettes d'échantillonnage à une superficie précise peuvent prendre la forme carrée, rectangulaire, de bande ou circulaire. Pour des raisons pratiques, nous avons installé des placettes rectangulaires de 10 ares (20 m x 50 m) pour chaque station. La forme retenue est rectangulaire car elle présente des avantages comme :

- ❖ Elle est facile à installer, surtout lorsque la superficie est serrée et la pente n'est pas assez élevée.
- ❖ Elle ne comporte pas de direction privilégiée.
- ❖ Elle permet de limiter les risques d'erreurs (**RONDEUX, 1993**).

### 3.4. Dendrochronologie

#### 3.4.1. Lecture des cernes

Le cerne est donc la résultante de plusieurs actions combinées du milieu. Ce dernier forme un réseau d'influence très complexe qu'on peut désagréger en plusieurs éléments (**GRABILL, 1982 in MESSAOUDENE et DJEMA, 2003**). Parmi ceux-ci, le climat joue un rôle majeur que **FRITTS (1976)** conceptualise dans ce qu'il nomme le système climat-croissance 'climate-growth system'.

#### 3.4.2. Extraction des carottes de sondage

Pour extraire des éprouvettes de sondage, on utilise la tarière de **PRESSLER** (figure 6).

D'après **DE MARTIN (1974)**, Le problème capital est d'atteindre le cœur de l'arbre pour ne pas prendre les cernes en travers. En règle générale, le cœur est excentré.

La tarière doit être introduite perpendiculairement à l'axe de l'arbre et le vissage ne supporte pas de mouvement de vrille. Il faut aller lentement, régulièrement et sans forcer.

### Chapitre III : Matériels et méthode

On colle les carottes sur les réglottes (figure 6) préalablement rainurées pour faciliter leur manipulation.



**Figure 6** : Matériel utilisé (Tarière de PRESSLER, cutter, réglottes, colle, ruban adhésif)  
(2018)

#### 3.4.3. Préparation du matériel

Pour effectuer la lecture, il faut d'abord poncer et planer les carottes pour rendre les cernes lisibles et plus clairs, alors plus facile à mesurer. On a procédé à cette opération à l'aide d'un cutter puis des papiers verres jusqu'à nette apparition des limites des cernes.

#### 3.4.4. Interdatation

L'interdatation (figure 7) est une étape essentielle qui permet de vérifier l'agencement synchrone des séries individuelles de croissance et ainsi d'attribuer à chaque cerne son année exacte d'élaboration, il fait appel aux cernes qui montrent une forte croissance (cerne épais) ou au contraire, une faible croissance (cerne mince) (**BERT et BECKER, 1990**). Il faut tenir compte des erreurs éventuelles lors de la saisie mais également d'anomalies de croissance ou anatomiques du type « faut cerne » ou « double cerne » (deux « bandes » de bois final formées la même année) ; « cerne manquant » (absence des cernes sur le secteur du tronc traversé par la carotte) ou plus simplement d'erreurs lors la mesure des cernes (oublier d'un cerne ou cerne compté deux fois).



**Figure 7 :** Loupe classique à grossissement (x 10)

#### 3.4.5. Mesure de largeur des cernes

Les épaisseurs des cernes de chaque carotte fournissent une série élémentaire ; la moyenne de deux séries élémentaires représentatives des deux carottes d'un même arbre fournit une série individuelle pour chaque arbre. La chronologie maîtresse de la population résulte de la moyenne, année par année, des épaisseurs des cernes de toutes les séries élémentaires. Les données brutes issues de chaque série chronologique ont fait l'objet des analyses statistiques ci-après (FRITTS, 1976 ; TESSIER, 1984 *in* SARMOUM *et al*, 2016).

Il s'agit de la mesure de l'épaisseur du bois final et du bois initial.

On a mesuré la largeur de chaque cerne, sur chaque direction, pour chaque arbre et cela avec un instrument classique « la loupe classique à grossissement (x 10) » (figure 8).



**Figure 8 :** Loupe classique à grossissement (x 10)

### 3.5. Traitement des données numériques

Après la récolte des données dendrométriques, les paramètres statistiques (la moyenne, l'écart-type, la sensibilité moyenne ... etc) ont été calculé, et les représentations graphiques ont été effectuées pour l'observation des variations de ces paramètres.

#### 3.5.1. Outil de modélisation

Un modèle de croissance est une relation mathématique qui donne, en fonction des entrées connues, des indications sur la production prévue d'un peuplement.

Les modèles ont connu un développement important au cours des dernières années grâce à l'informatique (GUYON, 1998).

#### 3.5.2. Epaisseur moyenne des cernes

L'épaisseur moyenne des cernes (EMC) est égale à la somme de toutes les épaisseurs des cernes d'une chronologie divisée par le nombre de cernes (SARMOUM *et al*, 2016).

$$EMC = \Sigma X_i / n$$

Avec :

$X_i$  : épaisseur du cerne de l'année  $n$  ;

$n$  : nombre de cernes.

#### 3.5.3. Sensitivité moyenne

D'après SARMOUM *et al* (2016), la sensibilité moyenne (SM) mesure la différence entre deux cernes successifs de la même chronologie à leur moyenne ; elle est obtenue par la formule suivante :

$$SM = 1/n \Sigma 2(X_i - X_{i-1}) / (X_i + X_{i-1})$$

Avec :

$X_i$  : épaisseur du cerne de l'année  $n$  ;

$X_{i-1}$  : épaisseur du cerne de l'année  $n - 1$ .

#### 3.5.4. Ecart-type

L'écart-type (ET) mesure la dispersion des valeurs de l'EMC autour de la moyenne (SARMOUM *et al*, 2016).

### 3.5.5. Analyse en composantes principales

La méthode de l'analyse en composante principale (ACP) permet de distinguer entre les différentes séries de synthèse projetées sur le même plan factoriel. Les années correspondent dans ce cas aux individus (variables lignes) et les séries de synthèse comme variable à expliquer (variables colonnes) (**BENZECRI *et al*, 1982 in SARMOUM, 2008**).

### 3.5.6. Standardisation

Pour mieux comprendre la réponse des arbres aux aléas climatiques par le biais de l'accroissement annuel exprimé par la largeur du cerne. En supposant que le sens de cette réponse se maintienne dans le futur, on pourrait alors prévoir la réaction des arbres et des peuplements selon différents scénarios d'évolution climatiques et dans des contextes stationnels variés.

L'analyse a aussi permis d'attirer les paramètres qui influencent la largeur de cernes tels que (les attaques biotiques, accidents ponctuels, patrimoine génétique ... etc., et dont il faut parfois filtrer les effets en fonction des objectifs de l'étude dendrochronologique (**LATTE *et al*, 2012**).

La standardisation a pour objectif d'extraire, au sein des variations des largeurs de cernes observées, le signal que l'on cherche à étudier (ex : le climat), du bruit constitué par toutes les autres sources de variation (ex : âge, sylviculture ...) (**LEBOURGEOIS, 2007**).

### 3.5.7. Modèle ARMA

Les processus ARMA (p, q) généralise les modèles autorégressifs et moyennes mobiles. Ces modèles sont très utiles en pratique pour modéliser des séries réelles en nécessitant moins de paramètres que les modèles AR ou MA simples (**GOUDE, 2016**).

On peut bien évidemment envisager de combiner les deux modèles (p, q) en introduisant :

- ❖ Une dépendance du processus vis-à-vis de son passé : modèle AR (p).
- ❖ Un effet retardé des chocs : modèle MA (q).

Un tel modèle, appelé autorégressif - moyenne mobile (ARMA), est caractérisé par le paramètre (p) de la partie autorégressive et le paramètre (q) de la partie moyenne mobile (**DAUDIN *et al*, 1996**).

# **CHAPITRE IV :**

## **Résultats et discussion**



#### 4.1. Evaluation des épaisseurs brutes des cernes

Les figures 9 et 10 montrent les variations interannuelles des épaisseurs brutes des cernes dans la station 01 et la station 02.

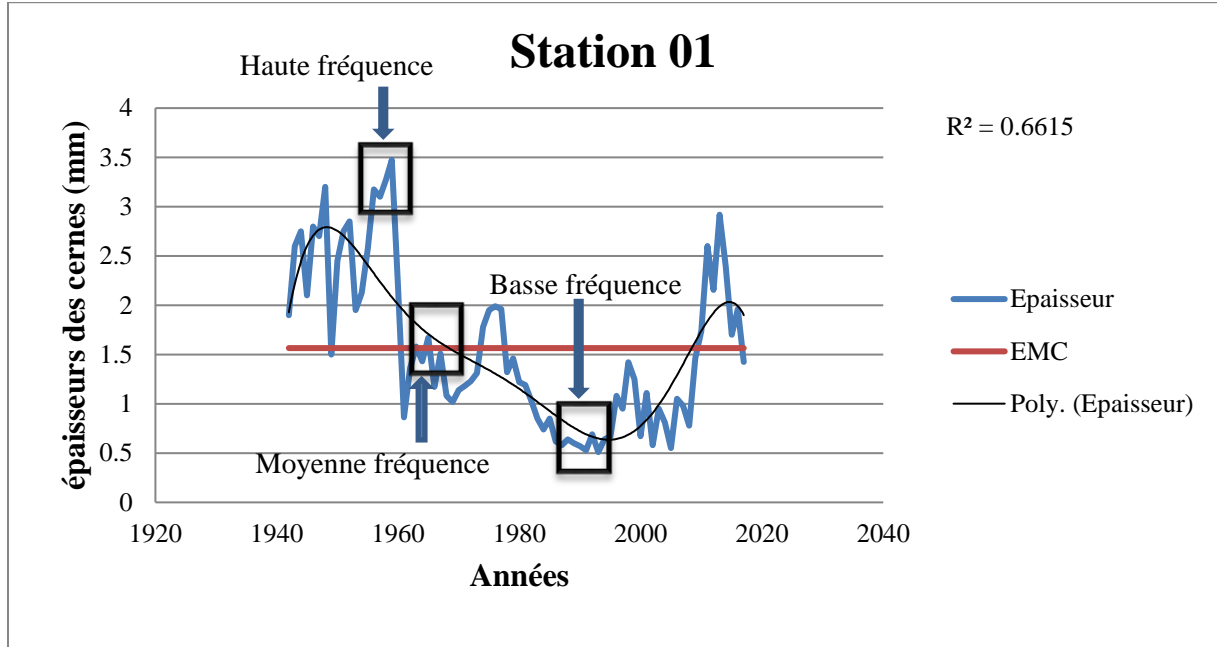


Figure 9 : Variations interannuelles des épaisseurs brutes des cernes (station 01)

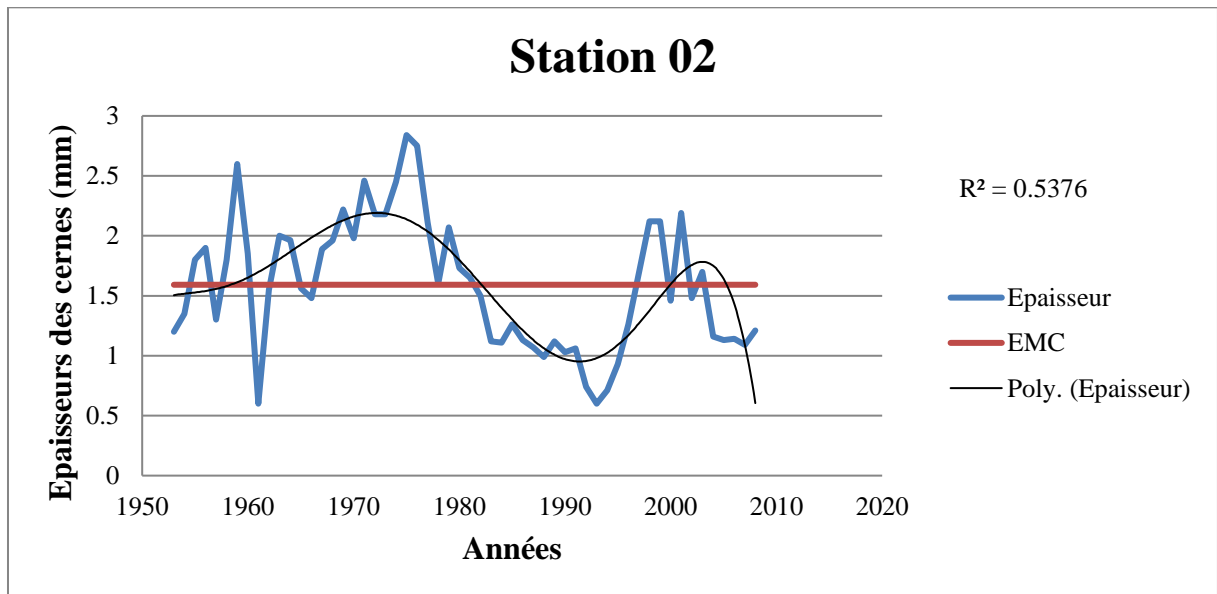


Figure 10 : Variations interannuelles des épaisseurs brutes des cernes (station 02).

## Chapitre IV : Résultats et discussion

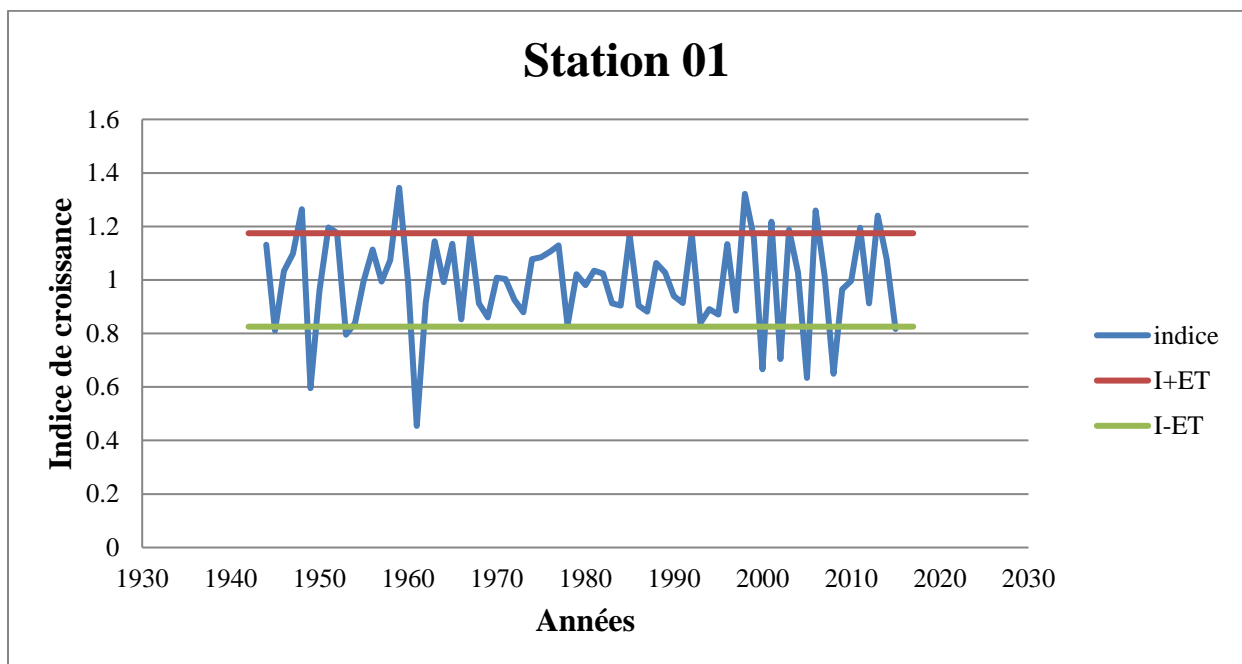
L'analyse des figures (9,10) montre les fluctuations observées sur les séries chronologiques de la croissance radiale des stations 01 et 02, on observe des périodes de croissance favorable et d'autres caractérisées par une croissance faible.

Selon **LEBOURGEOIS (2008)**, on peut distinguer 3 échelles temporelles du modèle linéaire de croissance qui sont :

- ❖ **Haute fréquence** : Intègre les variations interannuelles de la croissance des arbres concernant la physiologie de l'espèce (fluctuation aléatoire) sont exprimées par des cernes très minces ou très larges. Se sont les conditions environnementales qui agissent sur la croissance radiale.
- ❖ **Moyenne fréquence** : Permet de mettre en évidence les variations de croissance sur un intervalle d'années. Ces variations peuvent être d'origine climatique, un résultat des pratiques sylvicoles ou de phénomène de dépérissement.
- ❖ **Basse fréquence** : Traduit la tendance de la croissance liée à l'âge des arbres.

### 4.2 Evaluation des épaisseurs standardisées des cernes

Les figures 11 et 12 montrent les variations interannuelles des épaisseurs standardisées des cernes dans la station 01 et la station 02.

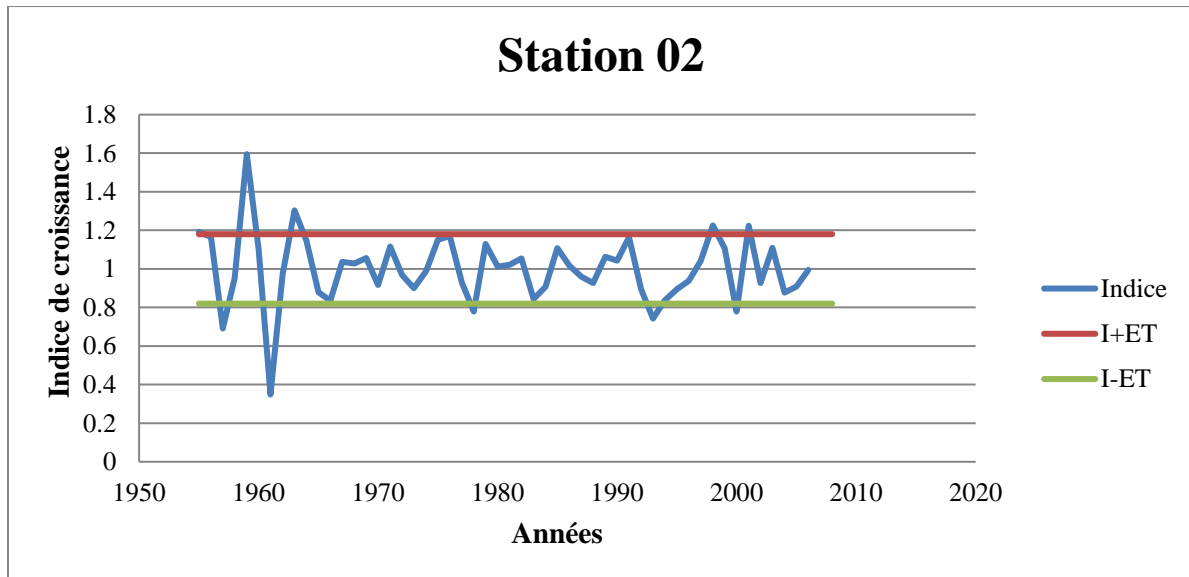


**Figure 11** : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes standardisées (station 01).

## Chapitre IV : Résultats et discussion

L'analyse de courbe de figure 11 montrent la croissance des arbres tout en négligeant l'effet de l'âge, on observe deux groupes de cernes en indiquant les années caractéristiques par rapport au indice de croissance  $\pm$  l'écart-type :

- **Cernes épais** : 1948, 1952, 1959, 1998, 2001, 2003, 2006, 2011, 2013.
- **Cernes minces** : 1947, 1949, 1953, 1961, 2002, 2002, 2005, 2008, 2017.



**Figure 12** : Variations interannuelles des épaisseurs des cernes standardisées (station 02)

L'analyse de courbes de figure 12 montre la croissance des arbres tout en négligeant l'effet de l'âge, on observe deux groupes de cernes en indiquant les années caractéristiques par rapport au indice de croissance  $\pm$  l'écart-type :

- **Cernes épais** : 1956, 1959, 1963, 1998, 2001.
- **Cernes minces** : 1957, 1961, 1978, 1993, 2000.

### 4.3 Analyse statistique des épaisseurs des cernes

#### ➤ Série brute

**Tableau 2** : Statistiques descriptives des deux populations (Série brute)

Brute	N Actifs	EMC	E min	E max	SM	ET	Asymétrie	Aplatissement
POP1	76	1,57	0,51	3,48	0,26	0,81	0,64	-0,66
POP2	56	1,59	0,6	2,84	0,28	0,55	0,26	-0,6

## Chapitre IV : Résultats et discussion

D'après le tableau 2, on observe les valeurs suivantes :

### ❖ **Epaisseurs des cernes et leur EMC :**

Les deux populations ont presque les mêmes valeurs, avec un minimum de 0,51 mm, un maximum de 3,48 mm et une moyenne de 1,57 mm (EMC) pour la première population. De l'autre côté on a un minimum de 0,6 mm, un maximum de 2,84 et une moyenne de 1,59 mm (EMC) pour la deuxième population.

### ❖ **Sensitivité moyenne :**

Pour la sensibilité moyenne, ça valeur est de 0,26 pour la population 01 et de 0,28 pour la population 02, ces résultats indiquent que les deux populations sont sensibles. D'après **FRITTS (1976)**, le seuil 0,20 distingue entre les populations : sensibles ( $SM > 0,20$ ) et non sensibles ( $SM < 0,20$ ).

### ❖ **Ecart-type :**

Les valeurs de l'écart-type (ET) indiquent une forte variabilité interannuelle de la croissance radiale due aux fluctuations des facteurs aléatoires qui agissent sur la croissance radiale (climat, coupes illicites, attaques parasitaires), mais aussi l'effet de l'âge.

- La population 01 présente une valeur de 0,81 ;
- La population 02 présente une valeur de 0,55.

### ❖ **Coefficient d'asymétrie et d'aplatissement :**

Le coefficient d'asymétrie caractérise le degré d'asymétrie d'une distribution par rapport à sa moyenne, une asymétrie positive indique une distribution unilatérale décalée vers les valeurs les plus positives c'est-à-dire vers les valeurs élevées de la croissance (**GELLER, 1975**).

Les coefficients d'asymétrie sont positifs dans les deux populations, ce qu'indiquent des valeurs absolues de la croissance des cernes qui concentrent vers la droite de la courbe, donc vers les valeurs faibles de la croissance radiale. Les coefficients d'aplatissement sont négatifs dans les deux populations, ce qu'indique une distribution plus aplatie que la distribution normale.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### ➤ Série standardisée

**Tableau 3 :** Statistiques descriptives des deux populations (Série standardisée)

Standardisée	N Actifs	EMC	E min	E max	SM	ET	Asymétrie	Aplatissement
POP1	72	0,99	0,45	1,34	0,25	0,17	-0,53	0,52
POP2	52	1	0,35	1,6	0,23	0,18	-0,23	3,87

D'après l'examen du tableau 3, on observe :

#### ❖ **Epaisseurs des cernes et leur EMC :**

Les deux populations sont presque proches et prennent les mêmes valeurs, avec un minimum de 0,45 mm, un maximum de 1,34 mm et une moyenne de 0,99 mm (EMC) pour la première population. Pour la deuxième population, on a un minimum de 0,35 mm, un maximum de 1,60 et une moyenne de 1 mm (EMC).

#### ❖ **Ecart-type :**

- La population 01 présente une valeur de 0,17 ;
- La population 02 présente une valeur de 0,18.

#### ❖ **Sensitivité moyenne :**

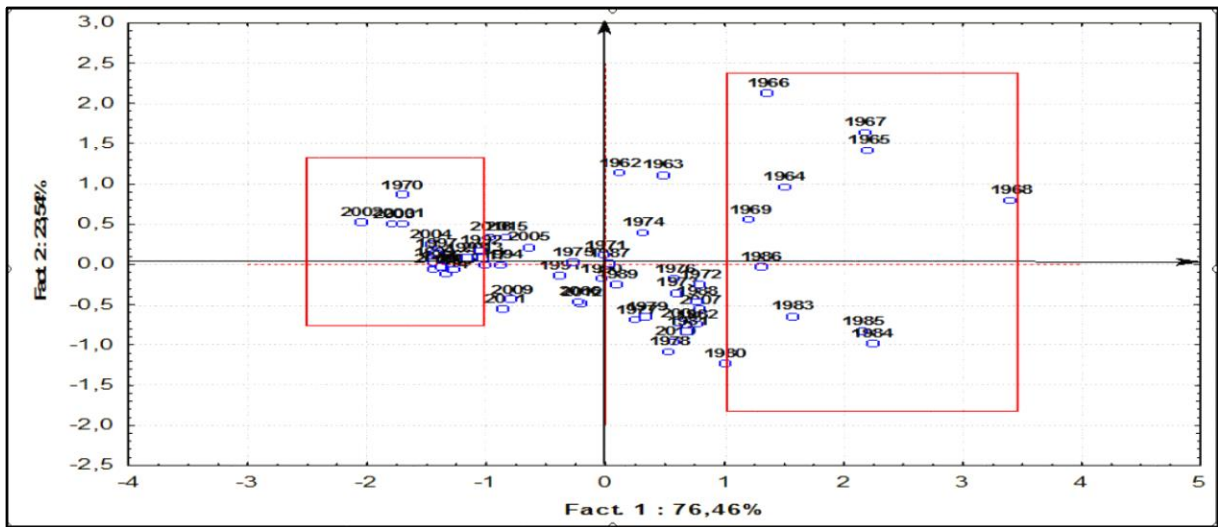
Pour la sensibilité moyenne, elle prend la valeur de 0,25 dans la population 01 et de 0,23 pour la population 02, ces résultats indiquent que les deux populations sont sensibles.

#### ❖ **Coefficient d'asymétrie et d'aplatissement :**

Les coefficients d'asymétrie sont négatifs, et les coefficients d'aplatissement sont positifs dans les deux populations.

#### 4.4 Analyse en composantes principales

➤ Séries brutes

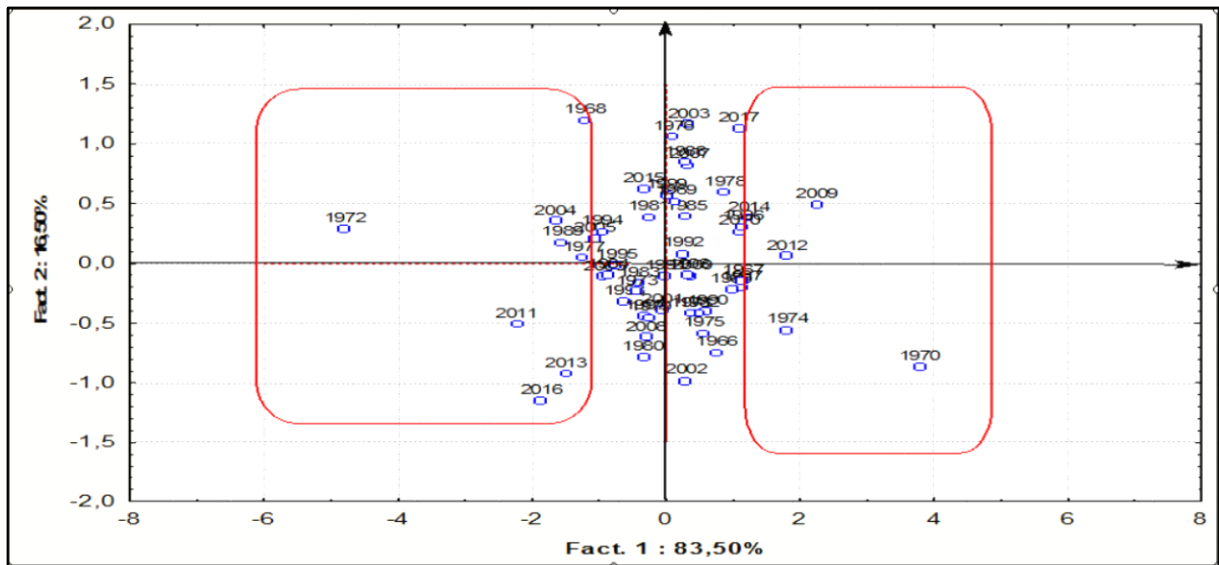


**Figure 13 :** Projection des populations dans l'ACP (axe 1 et 2), en fonction des épaisseurs brutes des cernes pour les stations 01 et 02

D'après la figure 13, on distingue deux groupes des années caractéristiques :

- ❖ Groupe 01 : Situé dans le côté négatif enferme les années (1970, 1994, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003,), ces années représentent les années avec une faible croissance radiale caractérisées par des cernes minces.
- ❖ Groupe 02 : Situé dans le côté positif renferme les années (1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1980, 1983, 1984, 1985, 1986), ces années représentent les années avec une forte croissance radiale caractérisées par des cernes épais.

### ➤ Séries standardisées

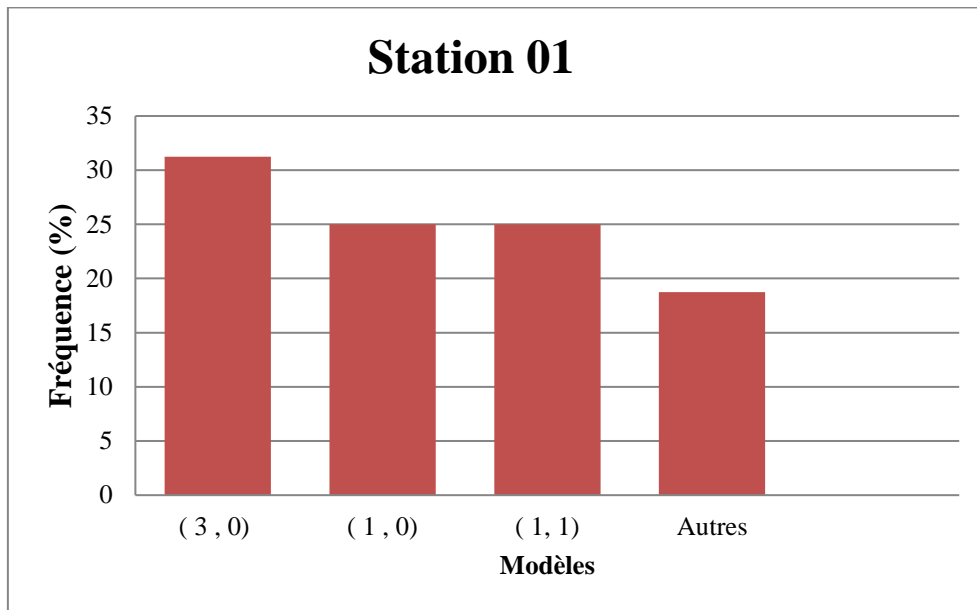


**Figure 14:** Projection des populations dans l'ACP (axe 1 et 2), en fonction des épaisseurs standardisées des cernes pour les stations 01 et 02

D'après la figure 14, on distingue deux groupes des années caractéristiques :

- ❖ Groupe 01 : Situé dans le côté négatif et renferme les années (1968, 1972, 1977, 1989, 2004, 2011, 2013, 2016), ces années représentent les années avec une faible croissance radiale caractérisées par des cernes minces.
- ❖ Groupe 02 : Situé dans le côté positif et renferme les années (1970, 1974, 2009, 2012, 2014), ces années représentent les années avec une forte croissance radiale caractérisées par des cernes épais.

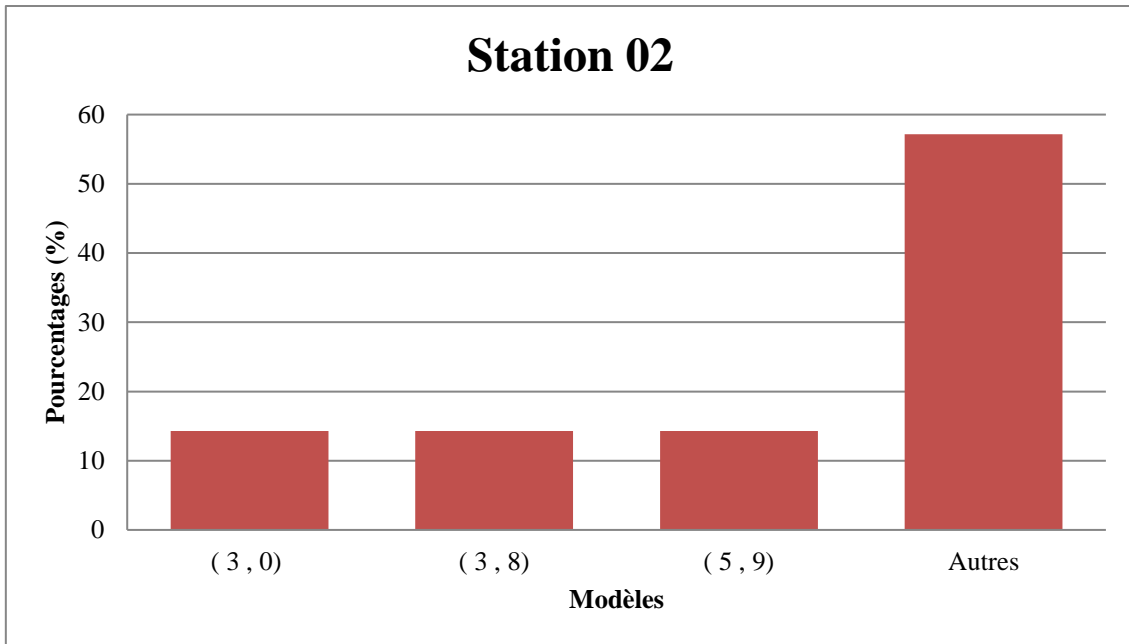
#### 4.5 Modélisation de la croissance radiale ARMA



**Figure 15 :** Présentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (station 01)

L'analyse de l'histogramme de la figure 15 montre que la station est soumise à des modèles de croissance différents chez les arbres de la même population qui ne répondent pas au même modèle de croissance. On constate que le modèle (3,0) est le modèle le plus fréquent avec une fréquence de 31,25 %, suivi par les modèles (1,0) ; (1,1) avec des fréquences de 25% pour chaque modèle. L'ensemble des autres modèles est moins fréquent et ne dépasse pas les 18,75%. Il en résulte que le modèle AR(p) définit la croissance tout en dépendant les conditions de l'année en cours.





**Figure 16 :** Présentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 02

D'après l'histogramme (figure 16), on note que les arbres de cette population répondent d'une manière différente qui varie d'un arbre à l'autre. Les trois modèles principaux sont les suivants : (3, 0) ; (3, 8) et (5, 9) avec des fréquences équitables à 14,29% suivies par les autres modèles avec 7,14% de fréquence pour chaque modèle. On conclue que cette population répond à des modèles différents « AR (p) et MA(q) » donc elle est soumise à la fois aux conditions de l'année en cours et les conditions des années précédentes (effets cycliques).

En fin, on note la variation des fréquences qui signifie la variation des modèles entre les deux populations à cause des conditions écologiques différentes des deux stations.

# CONCLUSION

## CONCLUSION

Ce travail a pour but la modélisation de la croissance radiale du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) au niveau du Parc National de Theniet El Had (cas du canton Ourten). Cette étude permet à mettre en évidence la relation entre la croissance radiale et certaines conditions.

L'interdatation et la synchronisation des séries chronologiques de deux populations du Cèdre de l'Atlas au niveau de même canton a montré la variabilité interannuelle de la croissance radiale. Au niveau de chaque population, les arbres répondent de la même façon où ils subissent à des phases de diminution (caractérisées par des cernes minces) et d'autres d'augmentation (caractérisées par des cernes épais). Au sein de ces phases, on a noté des cernes très minces et d'autres très épais (années caractéristiques), ceci est du aux conditions.

L'analyse numérique a montré des éléments assez importants. Les épaisseurs moyennes des cernes des séries brutes (1,57 mm pour la population 01 et 1,59 mm pour la population 02) sont plus élevées que celles des séries standardisées (0,99 mm pour la population 01 et 1 mm pour la station 02).

Les coefficients d'asymétrie sont positifs pour les deux populations (0,64 et 0,26) dans la série brute, au contraire, ils sont négatifs dans la série standardisée (-0,53 et -0,23).

Les coefficients d'aplatissement sont négatifs pour les deux populations dans la série brute (-0,66 et 0,6), et positifs pour la série standardisée (0,52 et 3,87).

Les modèles de croissance ARMA les plus fréquents sont de type AR(p) ce qui définit la croissance tout en dépendant les conditions de l'année en cours.

Il en résulte que la modélisation de la croissance radiale du Cèdre de l'Atlas est un outil opérant pour étudier la réponse de cette essence vis-à-vis le climat.

Nous espérons enfin que ce travail pourra être élargi d'autres cédraies d'Algérie pour constituer une base de données au service des forestiers et gestionnaires du patrimoine forestier.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## BIBLIOGRAPHIE

- **ABDESSEMED K., 1981.** Le cèdre de L'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. (Etude physiologique. Problème de conservation et d'aménagement). Thèse Doctorat – Université d'Aix Marseille. 199p.
- **ARBEZ M., FERRANDES P. et UYAR., 1978.** Contribution à L'étude de la variabilité géographique des cèdres pp 266-284.
- **AUSSENAC G., 1984.** Le cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. Bul. Soc. Bot. Fra. 131,385-398.
- **BENABID A., 1994.** Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti. Ann. Rech. For au Maroc. T (27), pp 61-76.
- **BENTOUATI A., BARITEAU M., 2006.** Réflexion sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne., t XXVII (4) : pp 317-322.
- **BERT GD. et BECKER M., 1990.** Vitalité actuelle et passé du sapin (*Abies alba* Mill) dans le Jura. Etude dendroécologique. Ann.Sci.For : 47. Pp 395-412.
- **BOUDY P., 1950.** Economie Forestière Nord-Africaine. Tome 02. Paris. Ed. La rose. 483p.
- **BOUCHON J. et PARDE J., 1988.** Dendrométrie 2<sup>ème</sup> édition. 328p.
- **BOUAZZA K., 2006.** Variabilité stationnelle et état actuel de la cédraie de Theniet El Had (cas du canton PEPINIERE). Thèse d'ingénieur. Univ. Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie. 79p.
- **DE MARTIN P., 1974 :** Analyse des cernes (Dendrochronologie et Dendroclimatologie). Ed. Masson et CIE. Pris. 78p.
- **DEBAZAC E F., 1964.** Manuel des conifères. Ed. Ecole National des Eaux et Forêts, Nancy. 172p.
- **D.G.F.2005.** Direction Générale des Forêts. Parc National de Theniet El Had. Algérie.
- **DAUDIN J J., DUBY C., ROBIN S. et TRE COURT P., 1996.** Analyse de Séries Chronologiques, INA-PG, Mathématiques. pp 47-49.
- **EL YOUSFI M., 1994.** La santé du cèdre de l'Atlas au Maroc. Annales de la recherche forestière au Maroc (27). Pp 578-592.
- **EMBERGER L., 1983.** Contribution à la connaissance des Cèdres et en particulier du Deodar et du Cèdre de l'Atlas. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 18<sup>e</sup> année, bulletin n°198. pp 77-92.
- **FABRE J P., 1976.** Extension du cèdre et risques d'attaques d'insectes. Station de recherches forestières (I.N.R.A). 269p.
- **FABRE P J., RABASSI J.M., 1987.** Introduction dans le sud-est de la France d'un parasite : *pauesia cedrobi stary* et Leclant (Hym. Aphidiidae) du puceron : *Cedrobium laportei* Remaudière (Hom, Lachnidae) du cèdre de L'Atlas : *Cedrus atlantica* Manetti. Entomophaga, 127-141.
- **FEROUX F., 2002.** Caractéristiques hydrauliques régulation stomatique et efficence d'utilisation de l'eau de quatre espèces de conifères méditerranées (*Cupressus sempervirens*, *Cedrus atlantica*, *Pinus halepensis* et *Pinus nigra*).
- **FRITTS H C., 1976.** Tree ring and climate. Ed. Academic press. New York. 545p.
- **FRONTIER S., 1983.** Stratégies D'échantillonnage en Ecologie. Ed. Masson. 165p.
- **GAUSSIN H., 1964.** Les gymnosperms actuelles et fossils. FASC. VII. Faculté des sciences, Toulouse. 480p.

- **GELLER S., 1975.** Abrégé statistique. 2eme édition. Ed. Masson, Paris. 222p.
- **GIEC, 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. Rapport du Groupe de travail I du GIEC. 27p.
- **GOUDE Y., 2016.** Les processus AR et MA. MAP-STA2 : Séries chronologiques. 20p.
- **GUITOUN Y., 2004.** Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* Manetti en fonction des caractéristiques stationnelles dans le Parc National de Theniet El Had. Thèse d'ingénieur. Univ. Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie. 103p.
- **GUYON J., 1998.** Forêt. 2eme édition. Ed. Synthèse agricole. Bordeaux. 269p.
- **HOUAMEL A, 2012.** Contribution a l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du Parc National du Belezma). Thèse de Magister, Univ. Tlemcen. 93p.
- **HUSCH B., 1971.** Manuel d'un inventaire forestier : division des ressources forestières. Tome I. Collection FAO. ROME. 136p.
- **JACAMON M. et GIRARDET P., 1984.** Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Tome I : Conifères, Ecole National du Génie Rurale, Eaux et Forêts. 256 p.
- **KAOUANE S., 1987.** Analyse dendrométrique d'un peuplement naturel de chêne zeen dans la forêt de Guerrouch W. Jijel. Thèse d'ingénieur. INA, Alger, 78p.
- **KHANFOUCI M S., 2005.** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Univ. El Hadj Lakhdar, Faculté des sciences, département d'agronomie, Batna. 248p.
- **LATTE N., DEBRUXELLES J., SOHIER C., DEGRE A. et CLASSENS H., 2012.** La dendrochronologie. Forêt Walonne (116). Pp 7-16.
- **LEBOURGEOIS F., 2007.** Dendrochronologie standardisation modélisation climatique, LERFOB- Ecologie Forestières.41p.
- **LEBOURGEOIS F., 2008.** Introduction à la dendrochnologie. LERFOB- Ecologie Forestière. 56p.
- **LONG G., 1974.** Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire. TOME I principe généraux et méthodes. Ed : Masson et Cie. paris.252p.
- **LOUKKAS A., 2006.** L'atlas des parcs Nationaux, achevé d'imprime CD Diwan, 98p.
- **LOUNI D., 1994.** Les forêts algériennes. 53-63pp.
- **M'HIRIT O., SAMIH A., et MALAGNOUX M., 1993.** Le cèdre de l'Atlas *Cedrus alantica* Manetti. Annales de la recherche forestière au Maroc. Maroc. Silva mediterranea. 713p.
- **M'HIRIT O., BLEROT P., 1999.** Le grand livre de la forêt marocain, Ed. Mardaga. 99p.
- **M'HIRIT O., 2006.** Le cèdre de l'Atlas : mémoire du temps. Ed. Mardaga. 245p.

- **M.H.E.F., 1984.** Etude et projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et des parcs dans le massif de l'Ouarsenis. Vol 19. Ed. Leskomplect. Bulgarie. 169p + Annexe.
- **MESSAOUDENE M., DJEMA A., 2003.** Modélisation de la croissance radiale du chêne zeen (*Quercus canariensis* Wild.) cas des chênaies de Tizi-Ouzou Et de Souk-Ahras, Institut National Agronomique d'El Harrach, Vol. 24, N°1 et 2. Pp 111-124.
- **MESSAOUDENE M., LOUKKAS A., GERARD J., TAFER M., DILEM A. et GONKCALEZ J., 2004.** Propriétés physiques du bois d'éclaircie des Cèdres, contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie).
- **MASSENET J Y., 2009.** Grosseurs des arbres Cours De Dendrométrie, lycée forestière-château de Mesnières.76270MANSIERSIERS-EN-BRAY. 13P
- **MASSENET J Y., 2011.** Hauteurs des arbres Cours De Dendrométrie, lycée forestière-château de Mesnières.76270MANSIERSIERS-EN-BRAY. 20p.
- **NEDJAH I A., 1988.** La cédraie de Chréa (Atlas Blidéen) : Phénologie, productivité, régénération Thés.Doc.Univ.de. Nancy 184p.
- **P.N.T.E.H., 2018.** Plan de gestion du Parc National de Theniet El Had. 3p + Cartes + Fiche technique.
- **QUEZEL P., SANTA S., 1962.** Nouvelle Flore De L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 01. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. 565p.
- **QUEZEL, P, 1998.** Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatiques et phytogéographiques. Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie.243-257.
- **QUEZEL P., MEDAIL F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Ibis. Paris, 117p.
- **RONDEUX J., 1993,** Les mesures des arbres et des peuplements forestiers .Ed. Les presses agronomiques de Gembloux (Belgique). 2 eme édition. 521 p.
- **ROU-NIVER P., 2005.** Les résineux. TOME 02. Institut pour le développement forestier. Paris. 242p.
- **SARMOUM M., 2008.** Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (W. Tissemsilt). Univ. USTHB, Alger. 98p.
- **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 Sciences. USTHB (Alger), 143 p + annexes.

- **SARMOUM M., GUIBAL F., ABDOUN F., 2016.** Effet des facteurs stationnels sur la croissance radiale et la réponse du pin d'Alep au climat dans le massif de l'Ouarsenis, Algérie. Bois et forêts des Tropiques. N°32. 12p.
- **SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. I.M.P. Latypo-litho, et Jules carbone Réunies, Alger. 219p.
- **TOTH J., 1980.** Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays a grande importance forestière. Institut national de la recherche agronomique. Station de sylviculture méditerranéenne. 23-30.
- **YAHY N., 2007.** Etude phytoécologique et phytosociologique et problèmes de conservation des cédraies algériennes. Thèse de doctorat, USTHB.
- **ZEDEK M., 1993.** Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* Manetti (Cèdre de l'Atlas) dans le Parc National de Theniet El Had. Thèse de Magister, INA. D'El Harrach, Alger, 175p.



## RESUME

Notre travail a été réalisé dans le Parc National de Theniet El Had, a pour objectif l'étude de la modélisation de la croissance radiale du Cèdre de l'Atlas dans deux stations écologiques au niveau du canton Ourten.

L'analyse des variations interannuelles mesurées sur quelques années via une approche de modélisation a permis d'interpréter es différents facteurs influençant la croissance radiale du *Cedrus atlantica* Manetti.

Les résultats obtenus montrent l'homogénéité entre les deux populations qui présentent les mêmes valeurs au niveau des paramètres de la croissance radiale. Les coefficients de sensibilité moyenne affichent des valeurs assez homogènes pour les deux populations du Cèdre qui sont sensibles.

Le modèle ARMA (p, q) a été utilisé pour déterminer les facteurs limitant la croissance de cette essence.

**Mots clés :** *Cedrus atlantica*, croissance radiale, modélisation, PNTEH, Ourten, modèle ARMA.

## ملخص

تم تحقيق هذا العمل على مستوى الحظيرة الوطنية لثنية الحد، من أجل دراسة تصميم النمو العرضي للأرز الأطلسي في محطتين بيئيتين في قطاع ورتان.

تحليل التغيرات في ما بين السنوات المقاسة في عدة سنوات باستعمال مقاربة تصميمية تسمح باستنتاج العوامل المختلفة المؤثرة في النمو العرضي للأرز الأطلسي.

النتائج المتحصل عليها تبين التجانس بين المجموعتين التي تقدمان نفس القيم بالنسبة لخصائص النمو العرضي. معاملات الحساسية المتوسطة تبين قيم متجانسة بين مجموعتي الأرز وهن حساسات.

التصميم المستعمل ARMA (p, q) لتحديد العوامل المحددة لنمو هذا النوع يبين أنه يخضع لعوامل مختلفة ذات تأثير دوري.

**كلمات مفتاحية :** الأرز الأطلسي، النمو العرضي، تصميم، الحظيرة الوطنية لثنية الحد، ورتان، تصميم أرما.