

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERRI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences biologiques et agronomiques.



**Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention d'un diplôme de **Master** en sciences agronomiques

**Spécialité:** Gestion des forêts et des espaces naturels.

*Thème :*

**Etude de la croissance radiale de  
*Cedrus atlantica*. Manetti du  
Djurdjura, Chélia et Chréa (Algérie).**

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup> KACED NOURA,

M<sup>elle</sup> KACEL NAWAL

**Devant le jury :**

**Président :** Mr MEDDOUR. R

Professeur à l'U.M.M.T.O.

**Promoteur :** Mr MESSAOUDENE. M

Directeur de recherche à l'I.N.R.F. Tizi Ouzou

**Examineur :** Mr ALLILI. N

Maitre assistant A à l'U.M.M.T.O.

**Examinatrice :** Mme LARBIN

Maitre assistante à l'U.M.M.T.O.

**Soutenu le : 13 /10/2016**

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail,  
A la mémoire de ma grande mère.*

*A mes très chers parents.*

*A mes frères; Khellaf et Kamel.*

*A mes soeurs ; Sonia et Kamilia.*

*A mon fiancé Yacine.*

*A ma belle famille Achir.*

*A mes tantes et oncles.*

*A ma partenaire Noura et sa famille.*

*A toute la promotion de zème année master Gestion des forêts et des espaces  
naturels.*

*Mille excuses à ceux que j'oublie*

*NAWAL*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail,*

*A mes très chers parents.*

*A mes grands parents.*

*A mes frères; Sofiane, Yacine, Nordine et Boussad.*

*A mes soeurs ; Mounia, Hadjira et son mari Yacine.*

*A mes tantes et oncles.*

*A ma partenaire Nawal et sa famille.*

*A toute la promotion de 2ème année master Gestion des forêts et des espaces  
naturels.*

*Mille excuses à ceux que j'oublie.*

*NOURA*

## ***REMERCIEMENTS***

*Au terme de cette étude, on remercie avant tout le Dieu qui nous a permis de réaliser ce présent travail.*

*Nous remercions notre promoteur monsieur MESSAOUDENE .M d'avoir fait l'honneur d'encadrer notre travail, ainsi que pour ses conseils, ses orientations et surtout pour sa gentillesse tout au long de notre travail, nous le remercions infiniment.*

*Notre profonde reconnaissance à Mr. MEDDOUR. R pour l'honneur qu'il nous fait de présider le Jury de soutenance et d'examiner le présent travail.*

*Notre reconnaissance aussi à Mr ALLILI. N et madame LARBI. N, qui ont bien voulu faire-part de jury et examiner ce travail.*

*Nous remercions le chef et le personnel de la station de l'INRF d'AZAZGA.*

*On tient aussi à remercier le directeur et le personnel de la maison de jeune de BOUZEGUENE.*

*Enfin, on adresse nos respectueux remerciements à tous nos enseignants de la spécialité foresterie.*

*Nous remercions également à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## Liste des figures :

**Figure 1:** Localisation de *Cedrus atlantica* en Algérie.

**Figure 2:** Aire de répartition du Cèdre de l'Atlas en Algérie sur le climagramme d'EMBERGER.

**Figure 3 :** Photo des carottes étudiées (Chrèa, Chélia).

**Figure 4:** Principe d'interdatation sur divers bois d'une même espèce.

**Figure 5 :** Photo de la machine lin tab5+micro portable avec un logiciel. Source : (Station INRF).

**Figure 6 (A et B) :** profils de la croissance radiale des arbres de Chrèa.

**Figure 7:** Courbes cumulées de la croissance radiale de cédraie de chrea en fonction de l'âge absolue.

**Figure 8:** Courbes cumulées de la croissance radiale de cédraie de chrea en fonction des années.

**Figure 9:** Profils de la croissance radiale des arbres de Djurdjura.

**Figure 10 :** Courbes cumulées de la croissance radiale de Djurdjura en fonction de l'âge absolue.

**Figure 11:** Courbes cumulées de la croissance radiale de Djurdjura en fonction des années.

**Figure 12 :** Profils de la croissance radiale des arbres de Chélia.

**Figure 13 :** Courbes cumulées de la croissance radiale des cédraies de Chélia en fonction de l'âge absolue.

**Figure 14 :** Courbes de la croissance radiale des arbres les plus grands au niveau des trois stations.

**Figure 15 :** Profils de la croissance radiale des cédraies au niveau de Chrèa, Djurdjura et Chélia.

**Figure 16 :** Courbes cumulées de la croissance radiale des arbres les plus âgés de trois stations en fonction de l'âge absolue.

## Liste des tableaux :

**Tableau 01 :** Le cèdre de l'Atlas en Algérie

**Tableau 02 :** Cadre phytogéographique des massifs étudiés

**Tableau 03 :** Caractéristiques des stations étudiées

**Tableau 04 :** Tableau des différentes phases de croissance des arbres de Chréa.

**Tableau 05 :** Tableau comparatif des tendances de croissance des différents arbres de Chréa

**Tableau 06:** Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Chréa.

**Tableau 07 :** Tableau des corrélations ( $r$ ) de la croissance radiale entre les arbres de Chréa ( $\alpha=0.05$ )

**Tableau 08:** Tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Chréa avec  $\alpha=0.05$

**Tableau 09:** Tableau comparatif des tendances de croissance des différents arbres de Djurdjura

**Tableau 10:** Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Djurdjura

**Tableau 11 :** Tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Djurdjura avec  $\alpha=0.05$

**Tableau 12 :** Tableau comparatif des tendances de croissance des arbres de Chélia

**Tableau 13:** Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Chélia

**Tableau 14:** Tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Chélia avec  $\alpha=0.05$

**Tableau 15 :** Tableau comparatif des tendances de croissance de différentes stations

**Tableau 16 :** Tableau d'analyse descriptive des données de la croissance radiale des stations de Chréa, Djurdjura et Chélia

**Tableau 17:** Tableau des corrélations ( $r$ ) de la croissance radiale entre les stations d'étude de Chréa, Djurdjura et Chélia avec Seuil  $\alpha=0.05$

**Tableau 18 :** Tableau analyse de variance à un facteur globale (des trois stations de Chréa, Djurdjura et Chélia) sur la variation de la croissance radiale ( $\alpha=0.05$ ).

**Tableau 19:** Tableau analyse de variance à un facteur entre Djurdjura et Chréa  $\alpha=0.05$

**Tableau 20 :** Tableau analyse de variance à un facteur entre Djurdjura et Chélia  $\alpha=0.05$

**Tableau 21 :** Tableau analyse de variance à un facteur entre Chélia et Chréa  $\alpha=0.05$

## **Les abréviations :**

Ha : hectare.

M : mètre.

Mm : millimètre.

Km : kilomètre.

°C : degrés Celsius.

LCM : largeur de cerne moyenne.

TIKC : Tikjda Centrale.

TIG : Tigounathine.

OTR : Oued Tidder

S : Station.

M : Mort.

V : Vivant.

SM : sensibilité moyenne.

r : corrélation (coefficient de corrélation).

Max : maximum.

Min : minimum.

CV % : coefficient de la variation.

# Sommaire :

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **Chapitre 1 :**

### **Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas**

1.1 .Introduction .....	3
1.2. Quelques éléments descriptifs du cèdre .....	4

## **Chapitre 2 :**

### **Matériels et Méthodes**

2.1.Présentation de la zone d'étude.....	9
2.1.1. Le Chélia (Aurès central).....	9
2.1.2. Chréa .....	9
2.1.3. Le Djurdjura .....	10
2.2.Stratégie d'étude .....	10
2.2.1. Echantillonnage .....	12
2.2.2. Préparation de matériel végétal, Interdatation et mesures des cernes .....	12
2.3. Traitement et analyse des données.....	15

## **Chapitre 3 :**

### **Résultats et discussions**

3.1. La croissance radiale au niveau de Chréa .....	18
3.2. La croissance radiale au niveau de Djurdjura .....	26
3.3. La croissance radiale au niveau de Chélia:.....	29
3.4. Comparaison de la croissance radiale entre les trois stations Chréa, Djurdjura et Chélia.....	32
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>38</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>40</b>

## **Annexes**

## Introduction

---

### Introduction générale :

Le cèdre, espèce essentiellement montagnarde, occupe des surfaces d'importance inégale et forme spontanément trois blocs géographiques distincts : Afrique du Nord-Asie mineure-Himalaya. Le premier bloc représenté par *Cedrus atlantica* Manetti, comprend : L'Atlas marocain (140 000 ha) le Rif (20 000 ha) et l'Atlas algérien (40. 000 ha). Le deuxième bloc se divise en deux parties occupées chacune par une espèce particulière : *Cedrus libani* Barrel (1700 ha) au Liban, quelques centaines d'ha en Syrie et plus de 160 000 ha en Turquie dans le Taurus et l'Amanus entre 1500 m et 2000 m d'altitude ; *Cedrus brevifolia* Henry, dans l'île de Chypre, en forêt de Paphos sur une face très restreinte. Le troisième bloc, avec *Cedrus deodara* Loudon, représente les glands massifs de l'Inde et de l'Afghanistan sur le Nord-Ouest de l'Himalaya entre 1 350 et 3 500 m d'altitude (M'HIRIT, 1999).

Les forêts de *cedrus atlantica* forment l'un des paysages remarquables des montagnes du Maghreb. Ces peuplements constituent un capital forestier de première importance à plusieurs points de vue : écologique, social, économique et touristique (QUEZEL & MEDAIL,2003).

Le cèdre de l'Atlas est endémique maghrébin et ses origines remontent avant le début de notre ère (PONS ET QUEZEL, 1958 IN ABDESSEMED, 1981; SALAMANI, 1991). Son aire naturelle s'étend du Maroc (Rif, Moyen Atlas et Grand Atlas oriental), en Algérie (Djurdjura, Monts Aurès, Hodna, et Babor, Atlas Blidéen et massif de l'Ouarsenis). Son aire actuelle est très morcelée ; ce morcèlement s'explique par les grands changements climatiques survenus durant le quaternaire récent qui ont vu le recul de la cédraie l'apparition d'espèces concurrentes plus adaptées aux climats récents (MESSAOUDENE et al. 2011).

## Introduction générale

---

En Algérie, les premiers travaux sur les formations à cèdre remontent au début du siècle dernier (LAPIE, 1909 ; MAIRE, 1916,1926 ; PEYERIMHOFF DE FONTENNELLE,1941 ; FAUREL,1947 ; FAUREL & LAFFITE,1949). Ces travaux étaient surtout descriptifs, basés essentiellement sur des aspects physiologiques.

Des études phytoécologiques et phytosociologiques plus récentes ont été réalisées, mais compte tenu de la répartition discontinue des aires de distribution du cèdre, à tendance schizoendémique, chacun des auteurs a travaillé, le plus souvent, dans un secteur phytogéographique particulier : OUNADI et al,1990 dans l'OUARSENIS , QUEZEL,1956 ;ZIADI,1987 ;YAHY,1988 ; QUEZEL & BARBERO, 1989 ; DERRIDJ,1990 ; BOUHERAOUA,1992 ; AKKOUCHE & KORCHI, 1994, ADDAR & OUDINECHE, 1994, MESTAR, 1995 ; ADDAR, 2003 ; KHEDDACHE, 2006 ; MEDDOUR ,2010 dans le Djurdjura, GHAZOULI, 1989 ; 2007 ; FEKARCHA & al., 1990 ; GHARZOULI & DJELLOULI,2005 et dans les Babors, ABDESSEMED,1981 ;BEGHAMI,20013 dans les Aurés, ZERAIA,1986 ; NEDJAHY,1988 ; MEDDOUR, 1994 ; ZAIDI, 2002 dans le massif blidéen .

Les études dendrochronologie sur le cèdre en Algérie est relativement récente. Elles se limitent à l'analyse de la relation cerne-climat, l'histoire des incendies et le dépérissement : SARMOUM ,2008 ; TOUCHANE & al ., 2010 ; KHERCHOUCHE ,20013 ; SLIMANI ,20014 .

A l'époque actuelle, cette espèce a pris une importance considérable dans le monde forestier du pourtour méditerranéen. De ce fait, il est apparu intéressant d'amorcer une étude dendrochronologique de ce conifère important. La présente étude tente de contribuer à la comparaison de la croissance radiale de cette espèce dont l'objectif est de mettre en évidence les phases cruciales de la croissance et les fréquences qui les caractérisent. Elle s'appuie sur le matériel végétal de trois stations qui nous apparaissent contrastées du point de vue climatique: le Djurdjura, Chréa et le Chélia.

Ce travail est organisé en trois chapitres : le premier est consacré à l'état des connaissances sur le cèdre de l'Atlas, le deuxième aux méthodes d'études et le troisième aux résultats et discussions, suivi d'une conclusion et recommandations.

## Chapitre 1:

---

### Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas

#### 1.1. Introduction :

Le cèdre de l'Atlas, espèce endémique de l'Afrique du Nord, est 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)

Cette espèce est, parmi la famille des Pinacées, une espèce importante dans la forêt méditerranéenne. Localisée dans les zones de montagne entre 1500 et 2000 m, le cèdre de l'Atlas occupe près de 200.000 ha en Afrique du Nord dont les 3/4 au Maroc et le reste en Algérie.

Le cèdre de l'Atlas présente les principales caractéristiques suivantes (KROUCHI,2010):

- Adaptation à des conditions écologiques bien définies ;
- Rusticité et adaptation à une large gamme de types de sols ;
- Excellente qualité du bois, d'où son intérêt.

# Chapitre1 : Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas

---

## 1.2. Quelques éléments descriptifs du cèdre :

Plusieurs travaux abordent les divers aspects du cèdre l'Atlas: DERRIDJ,1990 ; MEDDOUR, 1994 ;MESSAOUDENE, 2004 ; SARMOUM,2008 ; KROUCHI, 2010 ;TOUCHANE *et al*, 2010 ; KHERCHOUCHE, 2013 ; SLIMANI, 2014 ...etc. Sur les plan systématique et botanique, le cèdre appartient à (KROUCHI, 2010):

- L'embranchement : Spermaphytes,
- Sous embranchement : Gymnospermes,
- La classe : Vectrices,
- L'Ordre : Coniférales,
- La famille : Pinacées,
- La sous famille : Abiétées,
- Genre :Cedrus,
- Espèce: *Cedrus atlantica* Manetti.

Quant aux aspects botaniques, ils sont décrits comme suit: D'après DERRIDJ (1990), le cèdre se caractérise par un port droit et pyramidal, il prend une forme tabulaire en vieillissant, les aiguilles sont persistantes et vivent trois ans et leurs couleur varie du vert bleuté au vert foncé selon les individus, les cônes ont un poids à l'échelle des provenances algériennes, est en moyenne de 55,83g, ses longueurs de 6,28cm et ses diamètres de 5,17cm. (KROUCHI, 2010). Il a pour nom berbère :Inguel ,Bignoun, Avaoual et pour noms arabe, El Arz, Elmeddad.

Le cèdre de l'Atlas est endémique de l'Afrique du nord (Maroc et Algérie) où il constitue l'espèce emblématique de ses montagnes (fig.1).Au Maroc, le cèdre de l'Atlas détient a lui seul la plus grande surface répartie sur deux blocs d'inégale importance, la

## Chapitre1 : Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas

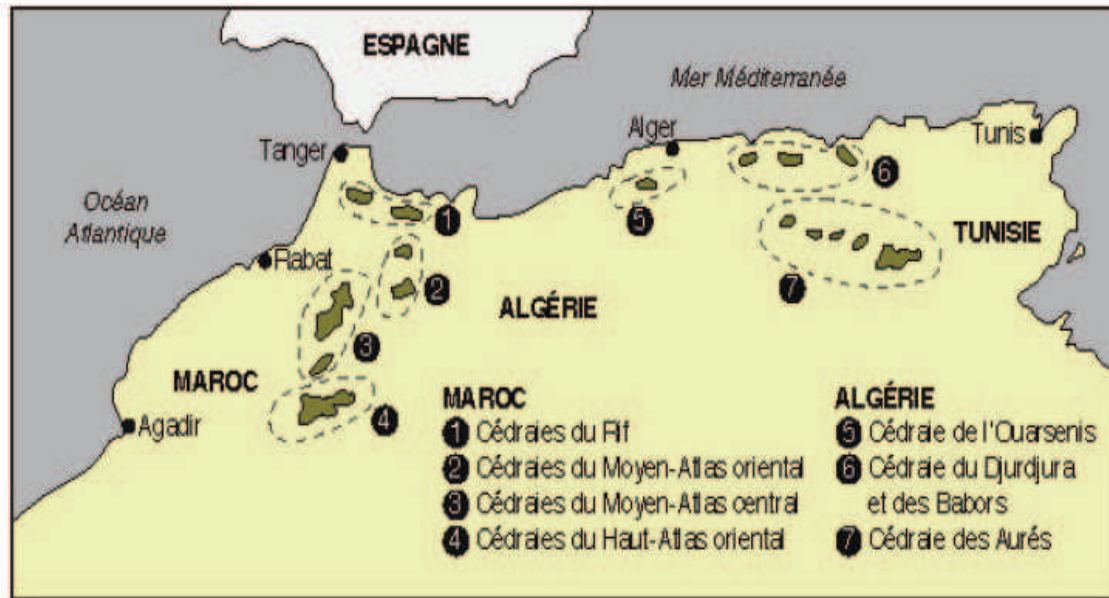
---

première dans le moyen et le grand Atlas oriental (116000 hectares), la seconde dans le Rif occidental et central avec une superficie d'environ 16000 hectares (M'HIRIT, 1982). En Algérie, le cèdre de l'Atlas occupe une superficie de 30400 hectares (BAHRI, 2007), il se localise:

- **Dans l'Atlas tellien:** les cédraies du Djurdjura (2 000 ha), des Babors (1 300 ha), de l'Ouarsenis (1100 ha) et de l'Atlas Blidéen (1 000ha).
- **Dans l'Atlas saharien:** le cèdre constitue d'importants peuplements au Chélia, le Bélezma (17 000 Ha) et les Monts du Hodna (8 000 Ha). (tab.1)

**Tableau 01 :** Le cèdre de l'Atlas en Algérie (NEDJAH, 1988 in BAHRI, 2007)

<b>MASSIF</b>	<b>SUPERFICIES (HA)</b>
Djurdjura	2000
Babors	1300
Atlas blidéen (Chrèa)	1000
Ouarsenis (Tenientelhad)	1100
Aurès	17000
Hodna	8000



**Figure 01** : Répartition naturelle du cèdre de l'Atlas (OSWALD, 1992 IN HOUAMEL 2012).

De par son intérêt économique et écologique, voire les usages de son bois et son adaptation aux conditions écologiques extrêmes (Présence dans le semi aride), le cèdre a été introduit dans de nombreux pays. Son succès est très remarqué en France où il fut introduit en 1862 (DUCREY, 1994 ; COINTAT, 1996).

En Italie, il a été introduit d'abord comme arbre d'ornement avant d'être utilisé en reboisement. La première plantation a été exécutée à Badia Prataglia (Arizo) en 1864 (NEJAH, 1988).

Dès la fin du XIX siècle, le cèdre de l'Atlas fut introduit dans divers pays européens (ex URSS, Bulgarie, Hongrie, Espagne,... etc.). Il a été signalé dans quelques états américains (Pennsylvanie, New York ; côte ouest du Pacifique) où sa remarquable adaptation justifie son extension (M'HIRIT, 1982 in BAHRI, 2007).

Du point de vue écologique, AUSSENAC et GUEHL (1990) soulignent que le cèdre dans son aire d'origine pousse à des altitudes variant de 1400 à 2200, ses limites supérieures et

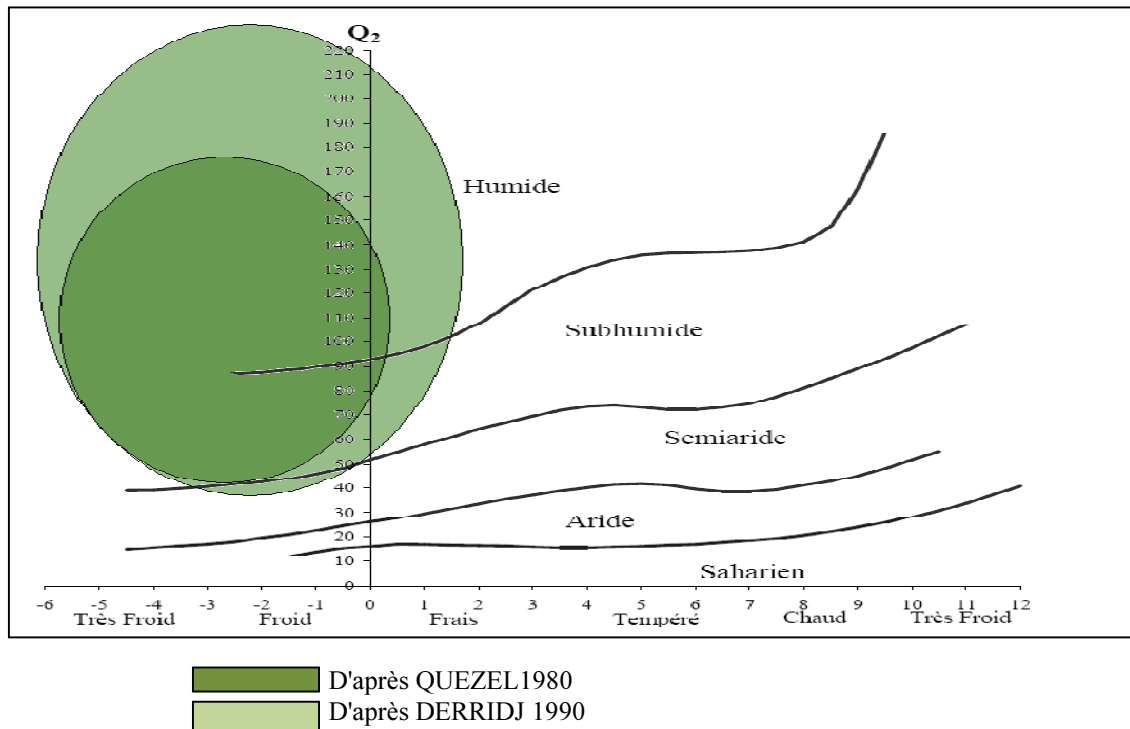
## Chapitre1 : Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas

---

inférieures différent d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions climatiques et du relief. Le cèdre occupe partout les sommets des montagnes (DERRIDJ, 1990), il s'installe sur les versants nord, d'une façon générale, à 1400m bien qu'il puisse descendre encore plus bas à la faveur de conditions microclimatiques particulière (EMBERGER, 1938 ; ABDESSEMED, 1982). Sur les versants sud, il existe un décalage de 200m d'altitude en moyenne pour le Chélia mais peut atteindre 400 à 500m à Belezma. Les limites inférieures se situent donc sur les versants méridionaux vers 1600m. La limite supérieure est de 2200m pour les deux versants bien que des individus isolés arrivent jusqu'à 2300m (ABDESSEMED, 1982).

Il croit sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 4°C (BOUDY, 1950 ; PUJOS, 1964 ; TOTH, 1980 ; DERRIDJ, 1990). Les cédraies peuvent tolérer des valeurs de températures moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre « -1°C » et « -8°C » (BENABID, 1994 ; QUEZEL, 1980). Par ailleurs, le HOUEROU (1975) donne les valeurs suivantes pour les cédraies de l'Aurès (Belezma et Hodna) : « -2°C » pour la limite inférieure et -5°C pour la limite supérieure. Le cèdre résiste à « -25°C » en atmosphère sèche (GAUSSEN, 1967), il vit dans ses pays d'origine avec des extrêmes absolus de -25°C et +35°C (PUTOD, 1979).

MEDDOUR (1994) souligne que les cédraies septentrionales (Atlas Blidéen, Djurdjura et le massif de Babors) sont soumises à un bioclimat humide à variante fraîche voire la présence du bioclimat perhumide. Tandis que la majorité des cédraies méridionales (Aurès, Belezma, Hodna) sont soumises aux bioclimats subhumide froid et très froid (M'HIRIT, 1982 ; ABDESSEMED, 1984 ; DERRIDJ, 1990). ABDESSEMED (1982) a signalé la présence de cette espèce dans les Aurès sous le bioclimat semi-aride supérieur. La figure (2) montre son aire de répartition sur le climagramme d'EMBERGER (QUEZEL, 1980 et DERRIDJ, 1990).



**Figure 02:** Aire de répartition du Cèdre de l'Atlas en Algérie sur le climagramme d'EMBERGER (ABDESSEMED, 2008)

Du point de vue édaphique, les cédraies circumméditerranéennes sont d'une façon générale localisées sur substrats calcaires (QUEZEL, 1980 IN ALILICHE, 2012). En Afrique du Nord, le cèdre de l'Atlas se rencontre aussi bien sur les calcaires plus ou moins compacts du lias ou marneux du jurassique moyen, que sur les schistes calcaires ou gréseux ou les grès. D'une façon générale, l'aspect physique du substrat semble jouer le rôle le plus important dans le comportement écologique, du cèdre plutôt que l'aspect chimique (YI, 1976 IN BEGHAMI, 2003 IN ALILICHE 2012).

Le cèdre de l'Atlas donne un meilleur rendement sur les sols profonds, meubles et caillouteux, car la jeune plantule arrive à développer un système racinaire vigoureux et profond lui permettant d'échapper à la sécheresse estivale (BOUDY, 1950 ; SCHORENBERGER, 1970 ; TOTH, 1971 et 1981 ; MALKI, 1992 in HOUAMEL, 2012).

## Chapitre1 : Etat des connaissances sur le cèdre de l'Atlas

---

Le cèdre a une longévité fabuleuse. TOUCHAN et al(2011) a obtenu des séries chronologiques dépassant les 1000 ans, voire 1075 ans dans le cèdre de Oued Tidder (Chélia).

Les cédraies, particulièrement celles les plus méridionales n'échappent pas aux attaques d'insectes. En effet, la processionnaire du cèdre (*Thaumtopaea bonjeani*), les tordeuses du cèdre (*Epinotia cedricida* et *Epinotia algeriensis*), les pucerons (*Cedrobium laporteiet Cinara cedri*), la cochenille (*Leucapsis pusilla*), le bupreste (*Melanophila marmottani*), pour ne pas citer que les plus importants sont autant de facteurs qui contribuent à la fragilisation de ces systèmes (GACHI, 1989)

Le cèdre de l'Atlas peut être utilisé comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins publics. Il a également servi à reboiser une partie du Sud de la France (Mont Ventoux et Vaucluse). Son bois noble à texture remarquable est utilisé en ébénisterie et il sert comme bois d'œuvre. Le cèdre peut également produire une huile essentielle aromatique qui a des propriétés antiseptiques. Les aiguilles sont par ailleurs utilisées comme fourrage pour le bétail durant les périodes d'enneigement. (BACHIR, 2007).

## Chapitre 2 :

---

### Matériels et Méthodes

#### 2.1. Présentation de la zone d'étude :

Dans le cadre de cette étude, nous avons travaillé sur les cédraies du Chélia, du Djurdjura et de Chréa que nous considérons assez contrastées du point de vue climatiques.

##### 2.1.1. Le Chélia (Aurès central) :

Le massif du Chélia (Aurès) est administrativement dépendant de la conservation de Khenchela et de la circonscription des forêts de Bouhmama. Cette cédraie s'étend sur près de 7000 ha ; c'est ici que culmine le plus haut sommet de l'Aurès à 2 328 m d'altitude. Mais, au-delà de 2 200 m, les pelouses prennent le relais de la forêt, bien que des individus isolés s'observent jusqu'à 2 300 m (ABDESSEMED, 1981). Dans notre cas, les arbres sondés se situent à Oued Tidder. D'après SLIMANI (2014), Oued Tidder << situé dans le mont Chélia à environ 60 km au sud-est de la ville de Batna, leur coordonnées géographiques sont 35,31052° nord et 6,62447° est. Cette station est située au voisinage d'un cours d'eau portant le même nom, à une altitude allant de 1834 à 1870 m avec une exposition nord à nord-ouest. Ce site repose sur le crétacé inférieur d'âge Barrémien avec un faciès gréseux. Le régime pluviométrique saisonnier est du type PAHE avec une température moyenne annuelle d'environ 14°C et le climat est de type méditerranéen subhumide à hiver froid. >>

##### 2.1.2. Chréa :

La cédraie est à l'intérieur du Parc National de Chréa, il est constitué des montagnes de Mouziaa, de Guerroumène et Feroukha. Le Parc National de Chréa est situé dans la wilaya de Blida à 50 Km au sud-Ouest d'Alger, il s'étend en écharpe sur 26587 ha le long des parties

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

---

centrales de chaîne de l'Atlas Tellien, comprises entre les altitudes Nord  $36^{\circ}19' / 36^{\circ}30'$ , et les longitudes Est  $2^{\circ}38' / 3^{\circ}38'$ . Le parc couvre une superficie de 26,600 ha (non comprise la zone périphérique 10,300Ha). Il se répartit sur les flancs de l'Atlas Blidéen (MARTIN, 1957).

La station de Chréa (1550m) reçoit des précipitations de près de 1400mm/an (HALIMI, 1980). En raison de son exposition face aux vents humides de type nord-ouest. La période pluvieuse y est de 10 mois (Septembre à Juin) et la période sèche compte 2 mois (Juillet et Août). Cependant, la nébulosité est relativement fréquente, même en été, dans les parties hautes de Chréa, où on compte en moyenne 104 jours/an de brouillard (HALIMI, 1980)

### 2.1.3. Le Djurdjura :

La chaîne de montagne du Djurdjura est située entre les deux wilayas de Tizi-Ouzou et de Bouira et s'étale sur plus d'une cinquantaine de kilomètres. Elle est située au Nord de l'Algérie dans la région de la Kabylie, à 140Km au sud-est d'Alger et à 50Km parallèlement à la mer méditerranéenne en intégrant une portion de l'Atlas tellien. Le Djurdjura a une superficie de 18550ha dont 10340 ha au Nord et 8210ha au Sud et confiné dans les bioclimats subhumide, humide, perhumide à variantes hivernales allant du tempérée à froide. Il est cantonné entre les latitudes et longitudes suivantes :  $36^{\circ}25'42''$  et  $36^{\circ}32'02''$  Nord,  $03^{\circ}57'23''$  et  $04^{\circ}19'43''$  Est du méridien de Greenwich (PND, 2009).

### 2.2. Stratégie d'étude

Dans ce travail, les approches de la dendrochronologie sont appliquées. La dendrochronologie est une science qui repose sur la mesure des largeurs des cernes annuels de croissance et sur leur datation précise. Bien qu'au XVI<sup>ème</sup> siècle, Leonard de Vinci s'intéressa déjà aux cernes, c'est le physicien et astronome américain A.E. DOUGLASS qui, au début du XXI<sup>ème</sup> siècle, posa les bases de la dendrochronologie moderne (du grec: *dendron*= arbre ; *kronos*= le temps ; *logos* = l'étude).

DOUGLASS (1946), propose d'utiliser des « Cernes caractéristiques » ou « années caractéristiques » auxquelles correspondent des conditions de croissance remarquables (LEBOURGEOIS, 2002 ; MARTIN, 1974).

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

**Tableau 02** : Cadre phytogéographique des massifs étudiés (YAHY, 2007)

Massifs Auteurs	Chrèa	Djurdjura	Aurès
QUEZEL et SANTA (1962)			
Région	Méditerranéenne	Méditerranéenne	Méditerranéenne
Domaine	Maghrébin- méditerranéen	Maghrébin- méditerranéen	Maurétanien- steppique
Secteur	Algérois	Kabyle et numidien	Sud constantinois
Sous-secteur	Atlas tellien	Grand kabylie	Saharien Const
BARRY et al (1976)			
Région	Méditerranéenne	Méditerranéenne	Méditerranéenne
Sous-région	eu- Méditerranéenne	eu- Méditerranéenne	eu- Méditerranéenne
Domaine	Maghrébin- méditerranéen	Maghrébin- méditerranéen	Maghrébin- steppique
Secteur	Algérois	Numidien	Sud constantinois
Sous –secteur	Littoral	Grand kabylie	Atlas saharien algérois

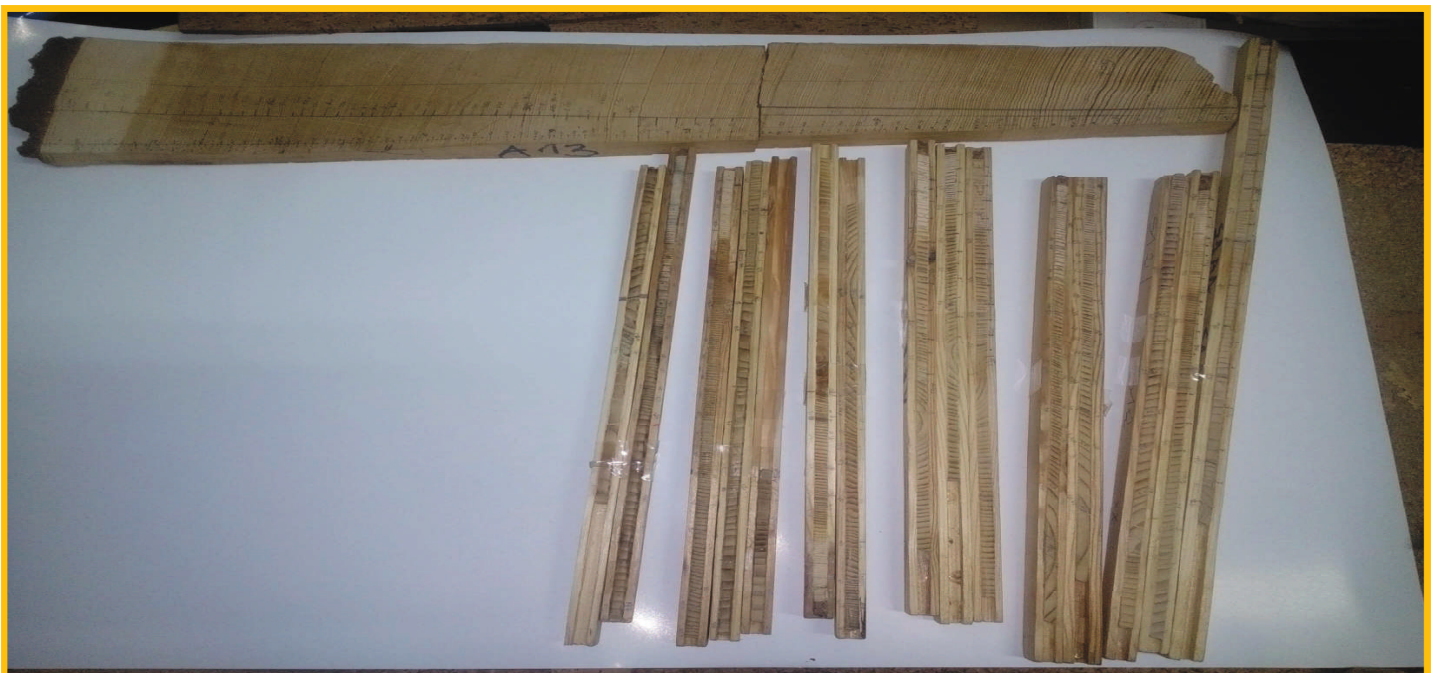
**Tableau 03** : Caractéristiques des stations étudiées (NEDJAHY, 1994)

Station	Altitude moyenne (mm)	Pente moyenne (%)	Substrat géologique	PH	Pluviométrie annuelle (mm)	Température minimum (°C)	Température maximum (°C)
<b>Chélia</b>	1890	35	Grès calcaire	7 à 7,5		3,4	15,2
<b>Djurdjura</b>	1500	5	Calcaire et grès	7,5	1450	8,1	16,5
<b>Chrèa</b>	1320	30	Schistes	5	1300	8,6	16,2

### 2.2.1. Echantillonnage :

Le matériel végétal utilisé provient des sondages opérés au Djurdjura, Chéliaet Chréa par TAFER (1985), BELMECHERI et MESSAOUDENE (2014). La collecte de ce matériel, prélèvement de carottes à l'aide de tarières de presler et rondelles sur arbres dépéris, est basée sur les arbres les plus gros possible pour obtenir des chronologies les longues possibles. Les arbres sondés sont indemnes de maladie ou de blessures qui pourraient biaiser la largeur du cerne et comptant un nombre de cernes suffisant pour permettre l'interdatation, critères utilisés par TOUCHAN et al (2008a .2010).

Notre étude est basée sur 11 arbres de Chréa (5 morts et 6 vivants), 2 arbres au Djurdjura et 2 arbres au niveau de Chélia (Oued Tidder). (fig.3)



**Figure03** : photo des carottes étudiées (Chréa, Chélia).

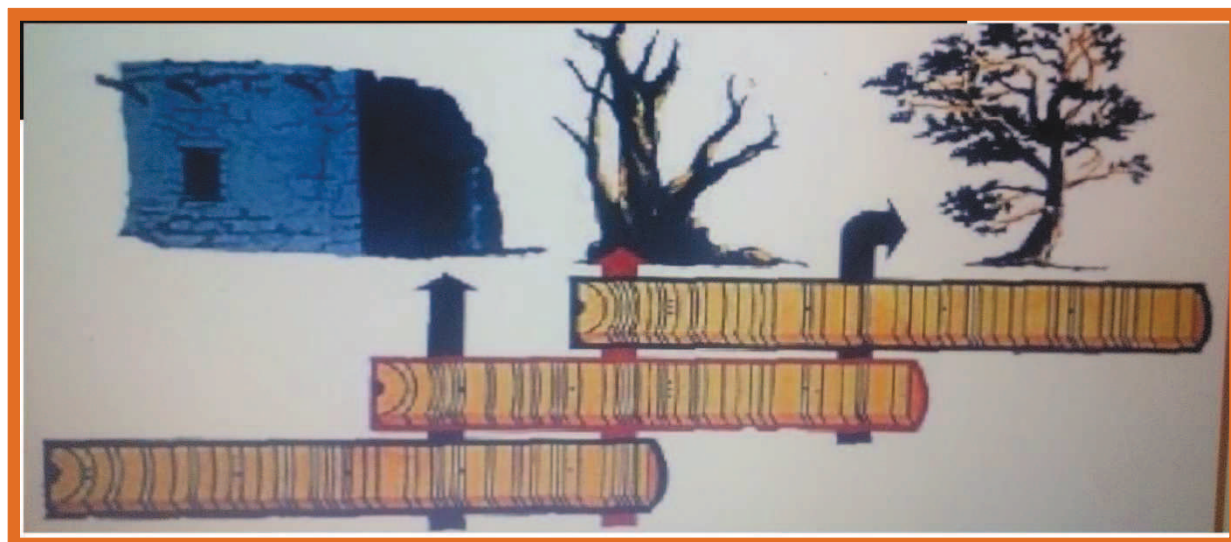
### 2.2.2. Préparation de matériel végétal, Interdatation et mesures des cernes :

Au laboratoire, les carottes prélevées sont collées sur les réglettes déjà rainurées par rapport au diamètre de la tarière, et ce pour éviter les pertes de bouts de carottes et de leur distorsion. Ces carottes et portion de bois sont ensuite poncées avec une ponceuse dotée de papier abrasifs pour faciliter la lecture des cernes (forte visibilité).

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

Après cette opération, l'opération de l'interdatation a été effectuée sur chacune des carottes sous loupe binoculaire à un grossissement de 50x cette opération est préalable indispensable à toute étude dendrochronologique (FRITS,1976). Il s'agit de remettre à chaque cerne l'année exacte de sa formation. L'objectif est de vérifier la correspondance des cernes caractéristique entre les carottes d'un même arbre et entre les carottes d'une même population d'arbres et que chaque cerne correspond bien à la date réelle de son élaboration (FRITS,1976 ; SCHWEINGRUBERET.A,1989 ; LEBOURGEOIS,1996) . Une année est définie comme caractéristique lorsque l'occurrence d'un cerne diagnostique donnée se répète sur l'ensemble des chronologies. Le cerne diagnostique peut être identifié par une épaisseur exceptionnelle (positive ou négative). L'année caractéristique marque donc, sur la station ou l'aire considérée, l'intervention très contraignante d'un facteur, qui est presque toujours associé au climat. (SCHWEINGRUBERET et *al* 1991 IN BERTAUDIÈRE et *al* 1999).L'interdatation (crossdating) est une méthode essentielle permettant de s'assurer du bon calage chronologique des séries élémentaires (LEBOURGEOIS et MERIAN, 2012).

Connaissant la date de formation du dernier cerne sous l'écorce d'un arbre vivant, la datation des carottes s'est reposée sur le simple comptage à partir de ce cerne en direction de la moelle (fig.4).



**Figure 04:** Principe d'interdatation sur divers bois d'une même espèce (FRITTS, 1976)

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

L'interdatation permet, en outre de déceler certaines anomalies pouvant se produire au cours de la formation des cernes, telles que la présence de faux cernes, de cernes absents, des attaques parasitaire ou traces d'incendie.

La mesure des largeurs des cernes annuels de croissance a été effectuée de la moelle vers l'écorce avec une précision de l'ordre de 0,001mm à l'aide de la machine LINTAB 5 dotée d'une loupe binoculaire permettant d'observer la carotte à différents grossissement (50%) et un logiciel TSAPWIN qui permet d'enregistrer les mesures sur ordinateur.(fig.5)

A partir des mesures effectuées sur les trois rayons d'un même arbre et sur l'ensemble des arbres, trois types de chronologies d'épaisseur de cernes ont été élaborées, pour chaque population :



**Figure05** : Photo la machine lin tab5+micro portable avec un logiciel. Source :(Station INRF).

### A. Séries élémentaire et individuelles :

La série élémentaire est le résultat de mesures faites sur une seule direction (rayon de l'arbre). autrement dit : la carotte .la somme des deux ou trois carottes d'un même arbre fournissent la série individuelle (propre a l'arbre). Dans la mesure ou dans certains cas seule une carotte a été prélevée par arbre celle-ci représente aussi la série

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

---

individuelle. Ainsi donc le calcul de la moyenne des deux ou trois carottes d'un même arbre, le calcul de cette moyenne permet d'éliminer l'effet directionnel sur la croissance radiale et de garder que l'effet propre à l'arbre (MESSAOUDENE, 1989).

### **B. Séries synthèse ou maitresse :**

La chronologie maitresse ou synthèse représente les fluctuations de la moyenne des valeurs annuelles des largeurs des cernes de toutes les séries élémentaires et individuelles d'une même parcelle. Chacune d'elle schématise l'allure de la croissance radiale moyenne des individus d'une population donnée sur toute la durée de la chronologie. Le calcul de ces moyennes permet de minimiser les variations propres à chaque arbre et de ne garder que l'effet de la parcelle ou de la station sur la croissance radiale (TESSIER, 1984).

### **2.3. Traitement et analyse des données :**

L'ensemble des séries de données sont représentées graphiquement ou les années successives figurent en abscisse et la largeur des cernes en ordonnée. Ceci permet de visualiser les profils de croissances de façon à mettre en évidence les phases de croissance et les comparer d'une parcelle à l'autre et d'une région à l'autre. Cette comparaison permettra d'étudier les facteurs réagissant le fonctionnement de la croissance radiale propre à chacune des parcelles.

L'analyse statistique descriptive est appliquée à l'ensemble des séries de données, les paramètres calculés sont la moyenne, la variance, l'écart type, le coefficient de variation et l'erreur type . Dans le domaine de la dendroécologie, la largeur moyenne des cernes est un paramètre important pour l'évaluation de vitalité des peuplements (SCHWEINGRUBER, 1988 IN BERTAUDIER et *al*, 1999).

Les autres paramètres statistiques mis en œuvre qu'on considère indispensable par rapport à notre méthode sont :

#### ➤ **La sensibilité moyenne ou <<meansensitivity>> :**

Cette statistique donne le pourcentage moyen de variation de largeur entre deux cernes consécutifs (BIONDI et QEADAN, 2008a). Elle exprime l'ampleur des changements affectant a court terme la largeur des cernes et varie de 0, pour deux cernes successifs égaux, a 2 lorsque

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

l'épaisseur de l'un d'entre eux est nulle (FRITTS,1976) La sensibilité moyenne Quantifie le signal climatique tel qu'il résulte de l'interdatation des facteurs environnementaux (TESSIER,1982).Elle a été calculée pour les séries individuelles et de synthèses. Elle s'exprime par le rapport :

$$SM_x = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \frac{|2(x_{t+1}-x_t)|}{x_{t+1}+x_t}$$

**SM<sub>x</sub>** : coefficient de sensibilité ;n : nombre d'années de la chronologie,X<sub>t</sub> et X<sub>t+1</sub> : sont les largeurs de deux cernes successifs au cours des années t et t+1.

➤ **Coefficient de corrélation r :**

$$r_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (x_t - m_x)(y_t - m_y)}{(n-1)S_x S_y} \text{ (t,x,y :sont en indices)}$$

M<sub>x</sub>,m<sub>y</sub>,s<sub>x</sub> et s<sub>y</sub> :sont les moyennes et les écart types des données de deux séries chronologiques.

Ce coefficient mesure le degré de liaison entre les divers séries quelles soient élémentaires et individuelle. Il prend les valeurs suivantes :  $-1 \leq r \leq 1$ .

- ✚ **R=-1**, cela signifie que les variables x et y sont liées de manière négative.(sens opposés)
- ✚ **R=0**, cela signifie qu'il y a aucun lien entre x et y (x et y non corrélé)
- ✚ **R=1**, cela signifie que les variables x et y sont liées d'une manière parfaite (évoluent dans le même sens).

➤ **Coefficient de détermination R<sup>2</sup> :**

Le coefficient de détermination R<sup>2</sup> est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire, simple ou multiple .D'une valeur comprise entre 0 et 1, il mesure l'adequation entre le modèle et les données observées. Le (R<sup>2</sup>) se définit comme la part de variance expliquée par rapport à la variance total. Il est exprimé par la formule suivante :

$$R^2 = 1 - SCR/SCT$$

## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

---

➤ **Comparaison des moyennes des largeurs des cernes entre séries (parcelles, et régions) :**

Pour cette comparaison moyenne, nous avons utilisé l'analyse de la variance à un seul facteur de classification (ANOVA) afin de mettre en évidence les différences de croissance éventuelles qui pourrait exister entre les différentes parcelles et régions.

➤ **Modèle de croissance : largeur des cernes**

Un ajustement de plusieurs modèles a été appliqué pour chacune des variables, le modèle retenu par parcelle est celui qui fournit  $R^2$  le plus proche de 1.

Nous avons testé des équations d'ajustement des nuages de points proposé par le logiciel de statistique. C'est une méthode de régression basé sur la méthode des moindres carrés et qui a montré son efficacité dans l'explication des variables appelées 'expliquée' en fonction d'autres dites '<< explicative >>' (BESSE, 2003). Pour l'ajustement des données, on a utilisé les modèles suivant :

- ✚ Modèle linéaire :  $Y=a_0+a_1X+\varepsilon$ .
- ✚ Modèle polynomiale :  $Y=a_0+a_1X+a_2 X^2+\dots+a_n X^n+ \varepsilon$ .
- ✚ Modèle logarithmique :  $Y=a_0+a_1\log X+ \varepsilon$ .
- ✚ Modèle de puissance :  $Y=a_0+a_1X^{a_2}+ \varepsilon$ .
- ✚ Modèle exponentiel :  $Y=a_0+a_1e^{a_2x+a_3}+ \varepsilon$ .

### Chapitre 3 :

---

## Résultats et discussions

### 3.1. La croissance radiale de Chréa :

L'analyse descriptive des séries chronologiques des arbres vivants et morts montre que la largeur moyenne du cerne (LC) varie de 1,16mm à 3,47mm. Entre les arbres, on observe une forte variation interannuelle au niveau de Marabout1 (CV=84,38% et  $\delta=1,66$ ) et au niveau de Marabout2 (CV=72,02% et  $\delta=1,71$ ).

La figure 6 montre que la croissance radiale des arbres morts sur pied (SnMn) et vivants (SnVn) fluctue d'une année à l'autre pour tous les arbres de Chréa. Les chronologies de croissance divergent entre elles par rapport à leurs phases de croissance. Elles correspondent aux valeurs supérieures à la moyenne (LMC) ou inférieure à la moyenne (LMC) (tab. 4).

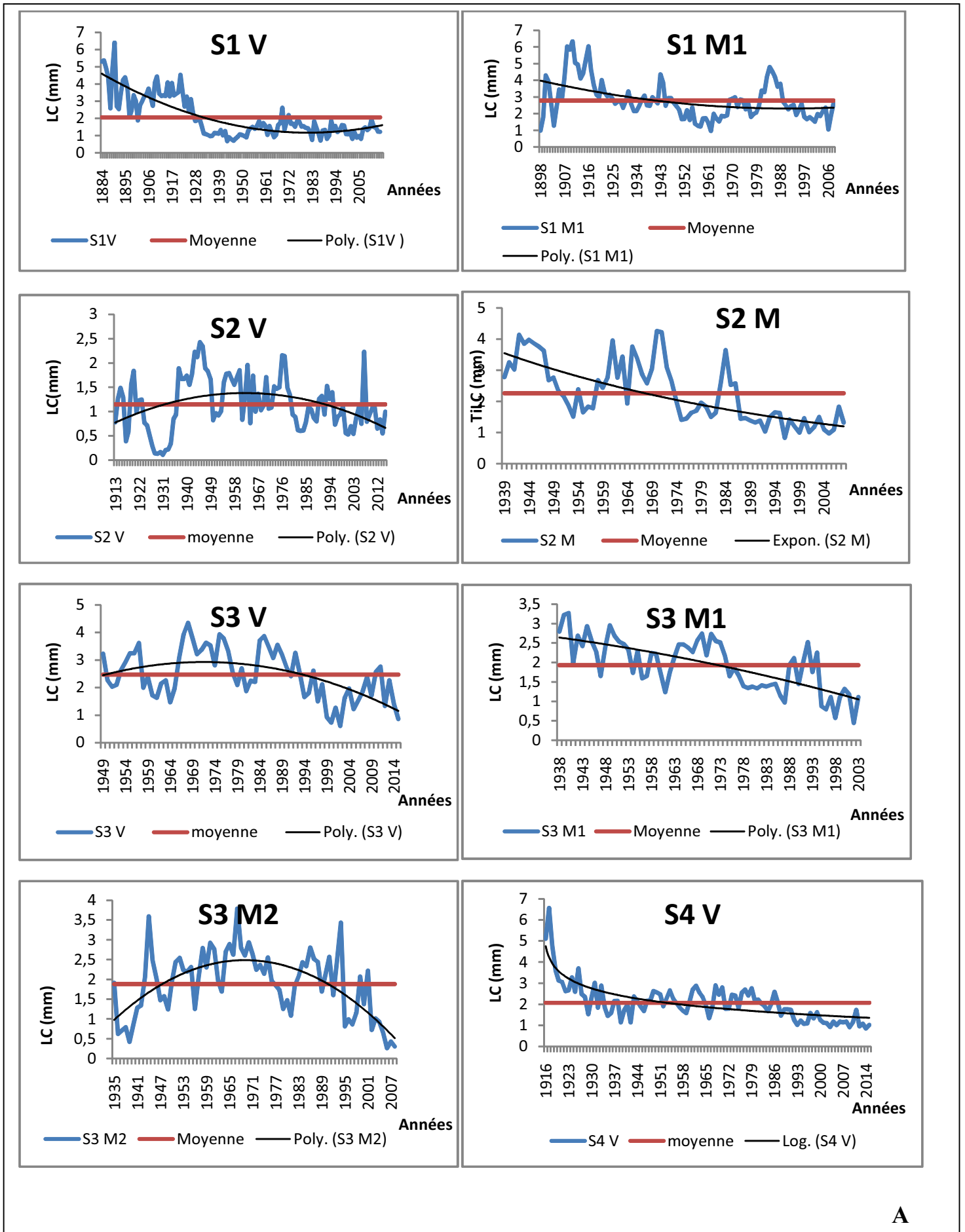
Les profils de la croissance radiale (fig.6 et tab.5), en générale, correspondent à l'allure d'une fonction polynomiale, seulement la S2 M est rattachée à la fonction exponentielle, et S4 V et S4M sont rattachée à la fonction logarithmique. La station S2M montre une croissance plus accélérée. En revanche, S4 V et S4M font apparaitre une croissance plus lente.

D'après l'analyse des courbes cumulées en fonction de l'âge absolue (fig.7), on constate que l'âge entre les arbres morts et vivants est variable et que Marabout1 présente une série la plus âgée. Quant aux courbes cumulées en fonction des dates de croissance absolues (fig.8), on constate un parallélisme entre Marabout1 et Marabout2 et S4V, les autres arbres chevauchent.

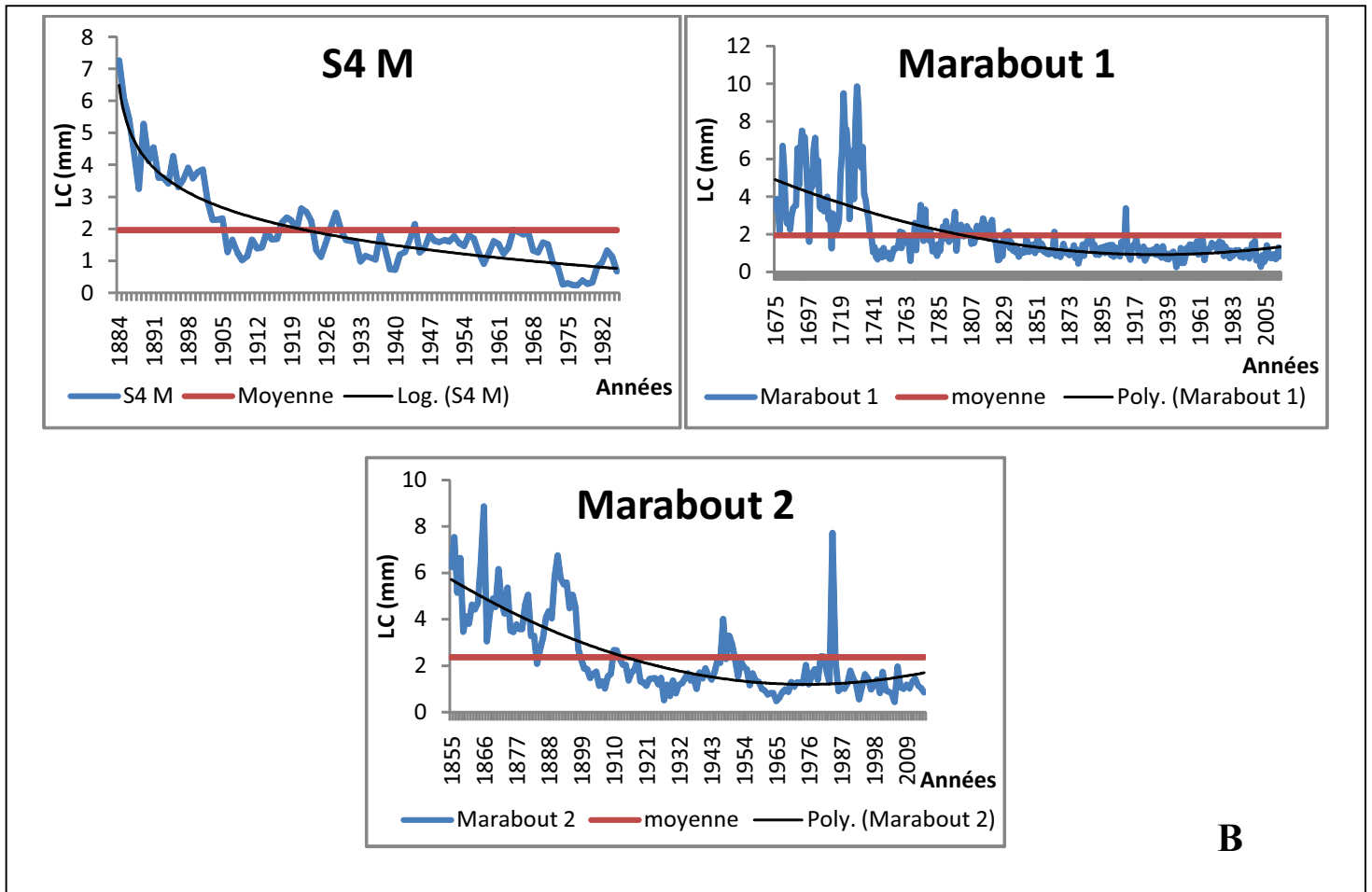
**Tableau 04 :** Tableau des différentes phases de croissance des arbres de Chréa.

Stations (S)	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
<b>S1V</b>	(1884-1926) ≥ moyenne	(1927-2015) ≤ moyenne						
<b>S1M1</b>	(1899-1903) ≤ moyenne	(1904-1925) ≥ moyenne	(1926-1940) ≤ moyenne	(1941-1944) ≥ moyenne	(1945-1980) ≤ moyenne	(1981-1989) ≥ moyenne	(1990-2008) ≤ moyenne	
<b>S2V</b>	(1913-1918) ≤ moyenne	(1919-1923) ≥ moyenne	(1924-1936) ≤ moyenne	(1937-1979) ≥ moyenne	(1980-2006) ≤ moyenne	2007 ≥ moyenne	(2008-2015) ≤ moyenne	
<b>S2M</b>	(1939-1950) ≥ moyenne	(1951-1957) ≤ moyenne	(1958-1973) ≥ moyenne	(1974-1983) ≤ moyenne	(1984-1986) ≥ moyenne	(1984-2008) ≤ moyenne		
<b>S3V</b>	(1950-1952) ≤ moyenne	(1953-1957) ≥ moyenne	(1958-1965) ≤ moyenne	(1966-1978) ≥ moyenne	(1979-1983) ≤ moyenne	(1984-1993) ≥ moyenne	(1994-2015) ≤ moyenne	
<b>S3M1</b>	(1938-1955) ≥ moyenne	(1956-1957) ≤ moyenne	(1958-1959) ≥ moyenne	(1960-1962) ≤ moyenne	(1963-1974) ≥ moyenne	(1975-1988) ≤ moyenne	(1989-1994) ≥ moyenne	(1995-2003) ≤ moyenne
<b>S3M2</b>	(1936-1942) ≤ moyenne	(1943-1946) ≥ moyenne	(1947-1950) ≤ moyenne	(1951-1976) ≥ moyenne	(1977-1982) ≤ moyenne	(1983-1994) ≥ moyenne	(1995-2008) ≤ moyenne	
<b>S4V</b>	(1916-1933) ≥ moyenne	(1934-1945) ≤ moyenne	(1946-1986) ≥ moyenne	(1987-2015) ≤ moyenne				
<b>S4M</b>	(1884-1905) ≥ moyenne	(1906-1985) ≤ moyenne						
<b>Marabout1</b>	(1675-1738) ≥ moyenne	(1739-1765) ≤ moyenne	(1766-1818) ≥ moyenne	(1819-1910) ≤ moyenne	1911 ≥ moyenne	(1912-2015) ≤ moyenne		
<b>Marabout2</b>	(1855-1898) ≥ moyenne	(1899-1944) ≤ moyenne	(1945-1949) ≥ moyenne	(1950-1983) ≤ moyenne	1984 ≥ moyenne	(1985-2015) ≤ moyenne		

## Chapitre 3 : Résultats et discussions



A



**Figure 6 (A et B) : profils de la croissance radiale des arbres de Chréa.**

Ce parallélisme explique que les facteurs du milieu agissent de la même façon sur la croissance radiale, mais modulé par le comportement propre aux arbres. En revanche, le chevauchement observé semble traduire les changements structuraux ou l'interaction génotype x milieu.

Suite à cette analyse, il ressort que la majorité des arbres qui sont morts presque la même période (S1M1, 2008 ; S2M, 2008 et S3M2, 2008...), cela indique qu'ils sont sous l'influence d'un facteur commun qui serait due à l'action anthropique, certainement l'ouverture des pistes, et ce d'autant plus tous les arbres suit à l'aval des piste.

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

**Tableau 05 :** Tableau comparatif des tendances de croissance des différents arbres de chréa :

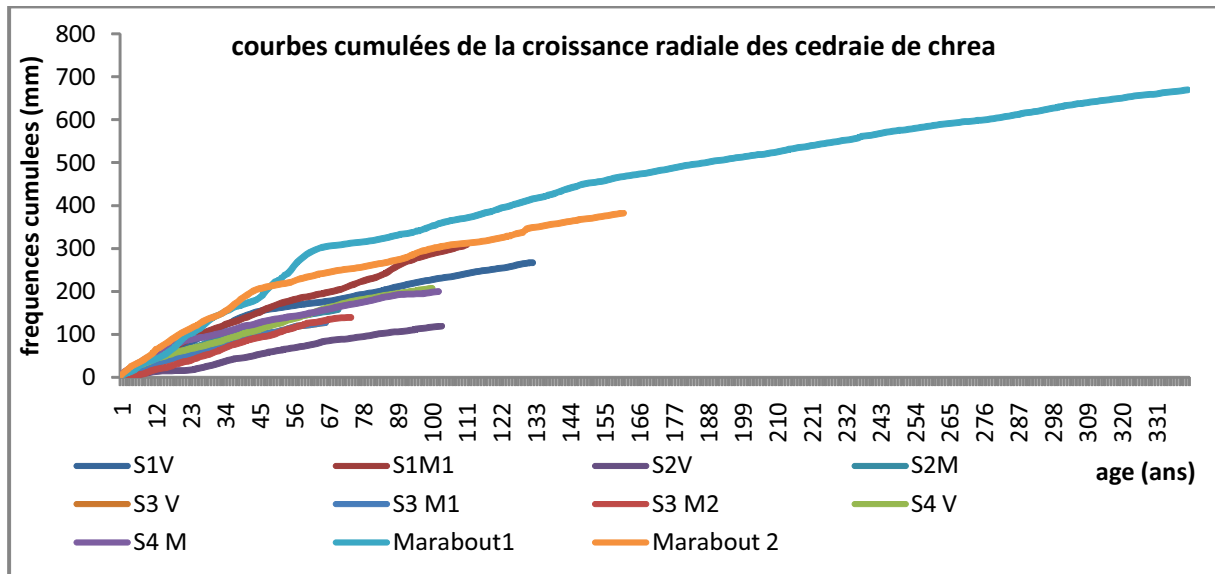
	<b>Modèles de courbe ajustée</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Les équations de la tendance</b>
Marabout 1	Polynomiale	0.489	$Y=6E-05x^2-0,031x+4,932$
Marabout 2	Polynomiale	0.594	$Y=0,000x^2-0,075x+5,786$
S1 V	Polynomiale	0.674	$Y=0,000x^2-0,071x+4,663$
S1 M1	Polynomiale	0.194	$Y=0,000x^2-0,036x+4,008$
S2 V	Polynomiale	0.138	$Y=0,000x^2+0,025x+0,748$
S2 M	Exponentielle	0.535	$Y=3,604e^{-0,01x}$
S3 V	Polynomiale	0.306	$Y=0,000x^2+0,044x+2,05$
S3 M1	Polynomiale	0.515	$Y=0,000x^2-0,016x+2,656$
S3 M2	Polynomiale	0.454	$Y=0,001x^2-0,091x+0,888$
S4 V	Logarithme	0.576	$Y=-0,73\ln(x)+4,747$
S4 M	Logarithme	0.800	$Y=-1,23\ln(x)+6,485$

**R<sup>2</sup> le plus proche de 1**

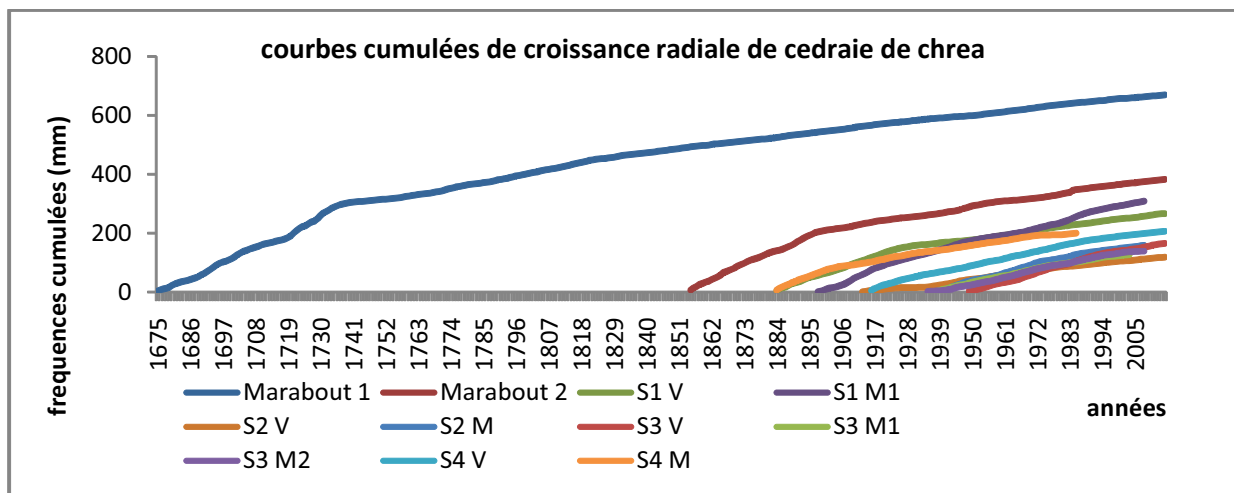
Le tableau 6 de l'analyse descriptive des différentes séries des arbres de Chréa montre que les moyennes de largeur de cerne (LMC) varient d'un arbre à un autre (1,16mm à 2,78mm). La valeur maximale est observée au niveau de l'arbre S1M1, et la valeur minimale est observée au niveau de l'arbre S2V.  $LC_{min}=0,11mm$ (en S2V) et  $LC_{max}=9,85mm$ , Marabout1. La variation interannuelle caractérise Marabout1 ou le coefficient de variation  $CV=84,38\%$  et  $\delta=1,66$  et Marabout2  $CV=72,02\%$  et  $\delta=1,71$ .

Les sensibilités moyennes (SM) montrent que les arbres S2 V et S3 M2 avec une  $SM=0,32$  sont plus sensibles aux variations interannuelles des conditions climatiques par contre les autres arbres présentent des SM allant 0,21 et 0,30. Ces SM sont supérieurs à la norme méditerranéenne égale à 0,21 (SERRE, 1973 in AKLI 2015).

## Chapitre 3 : Résultats et discussions



**Figure 07 :** Courbes cumulées de la croissance radiale de cédraie de Chréa en fonction de l'âge absolu.



**Figure 08:** Courbes cumulées de la croissance radiale de cédraie de Chréa en fonction des années.

Le tableau 7 montre les liaisons entre les séries chronologiques étudiées. Il apparaît que les séries les mieux corrélées et dont (r) est hautement significatif sont :

- ✓ Marabout1 – S1V ; Marabout1 – S3V ; Marabout1 – S4V,
- ✓ Marabout2 – S1V; Marabout2 – S4M,
- ✓ S1V – S1M1; S1V – S3V; S1V - S4V; S1V – S4M,
- ✓ S1M1 – S3V; S1M1 - S4V,

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

- ✓ S2V – S2M; S2V – S3V; S2V – S3M1,S2M – S3V; S2M – S3M1; S2M – S3M2; S2M – S4V; S2M – S4M,
- ✓ S3V - S3M1; S3V – S3M2; S3V – S4V,
- ✓ S3M1- S4M,
- ✓ S3M2 – S4V; S3M2 – S4M,
- ✓ S4V – S4M

**Tableau 06** : Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Chréa.

Paramètres statistique	Marabout 1	Marabout 2	S1 V	S1 M1	S2 V	S2 M	S3 V	S3 M1	S3 M2	S4 V	S4 M
Moyenne	1,96	2,37	2,06	2,78	1,16	2,26	2,47	1,93	1,88	2,07	1,96
Écart-type	1,66	1,71	1,21	1,14	0,55	0,97	0,90	0,66	0,82	0,90	1,28
Variance de l'échantillon	2,74	2,92	1,48	1,29	0,30	0,94	0,80	0,43	0,67	0,81	1,65
CV (%)	84,38	72,02	58,92	40,91	47,46	42,90	36,19	33,99	43,34	43,44	65,51
Minimum	0,26	0,44	0,67	0,96	0,11	0,83	0,61	0,44	0,26	0,85	0,23
Maximum	9,85	8,86	6,41	6,34	2,43	4,26	4,35	3,27	3,79	6,58	7,26
Somme	669,36	382,22	272,11	308,65	118,99	158,30	165,78	127,57	139,45	207,09	200,05
Nombre d'échantillons	341	161	132	111	103	70	67	66	74	100	102
SM	0,31	0,28	0,23	0,21	0,32	0,24	0,30	0,25	0,32	0,23	0,23

Bien que certaines stations sont éloignées, on constate entre elles une liaison significative le cas de Marabout explique cette relation. Par contre on constate que certaines séries d'arbre proches l'une de l'autre ne présentent aucune liaisons : exemple : S1V avec S1M1 ; S2V et S2M...Dans ce cas, on peut penser à l'effet de croissance individuelle.

La comparaison des moyennes par le test de l'analyse de la variance (ANOVA) pour caractériser les différences qui pourraient exister entre les arbres de Chréa, montre qu'il existe bien des différences très significatives entre les séries chronologiques étudiées, soit ( $f_{obs}=15,30 > f_{th}= 1,79$ ) (tabl.8).

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

**Tableau 07 :** tableau des corrélations  $\text{R}$  de la croissance radiale entre les arbres de Chréa ( $\alpha=0.05$ )

Les arbres	Marabout1	Marabout2	S1 V	S1M1	S2V	S2 M	S3 V	S3 M1	S3M2	S4 V	S4 M
Marabout1	1										
Marabout2	0,06	1									
S1 V	<b>0,37*</b>	<b>0,42*</b>	1								
S1M1	0,18	0,27	<b>0,52*</b>	1							
S2V	-0,01	0,07	-0,12	-0,07	1						
S2 M	0,07	0,20	0,01	0,27	<b>0,45*</b>	1					
S3 V	0,44*	0,24	<b>0,46*</b>	<b>0,42*</b>	<b>0,32*</b>	<b>0,33*</b>	1				
S3 M1	-0,04	-0,01	0,07	0,04	<b>0,42*</b>	<b>0,53*</b>	<b>0,40*</b>	1			
S3 M2	0,14	-0,01	0,20	0,08	0,09	<b>0,39*</b>	<b>0,40*</b>	0,24	1		
S4 V	<b>0,30*</b>	0,11	<b>0,64*</b>	<b>0,45*</b>	-0,02	<b>0,37*</b>	<b>0,46*</b>	0,21	<b>0,38*</b>	1	
S4 M	0,15	<b>0,47*</b>	<b>0,64*</b>	0,04	-0,17	<b>0,44*</b>	-0,21	<b>0,35*</b>	<b>0,34*</b>	<b>0,30*</b>	1

**r\* est hautement significative**

**Tableau 08:** tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Chréa avec  $\alpha=0.05$

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Marabout1	341	669,36	1,96	2,74
Marabout2	161	382,22	2,37	2,92
S1 V	132	272,11	2,06	1,48
S1M1	111	308,65	2,78	1,29
S2V	103	118,99	1,16	0,30
S2 M	70	158,3	2,26	0,94
S3 V	67	165,78	2,47	0,80
S3 M1	66	127,57	1,93	0,43
S3 M2	74	139,45	1,88	0,67
S4 V	100	207,09	2,07	0,81
S4 M	102	200,05	1,96	1,65

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
Entre Groupes	255,79	11	23,25	15,30	1,79
A l'intérieur des groupes	2516,95	1656	1,52		
Total	27772,74	1667			

### 3.2. La croissance radiale de Djurdjura :

La figure 9 montre que la croissance radiale des arbres fluctue d'une année à l'autre pour tous les arbres de Djurdjura. Ainsi, l'analyse descriptive des séries chronologiques montre que la largeur moyenne du cerne (LC) varie de 0,07mm à 9,71mm. A l'intérieur d'une même série on observe une forte variation interannuelle à TIG (CV=62,99% et  $\delta=0,52$ ) (tab.10).

L'allure de la courbe de TIKC diffère de celle de TIG (fig.9), les chronologies de croissance divergent entre elles par rapport à leurs phases de croissance. Ces phases correspondent aux valeurs  $>$  ou  $<$  à la moyenne (LMC).

On constate d'une manière générale que :

- TIG a 4 phases 1649-1779 et 1813-1850  $\geq$  à la moyenne et 1780-1812 et 1851-2014  $\leq$  à la moyenne.
- TIKC a 4 phases : 1854-1870 et 1886-1926  $\geq$  à la moyenne et 1871-1885 et 1927-2012  $\leq$  à la moyenne.

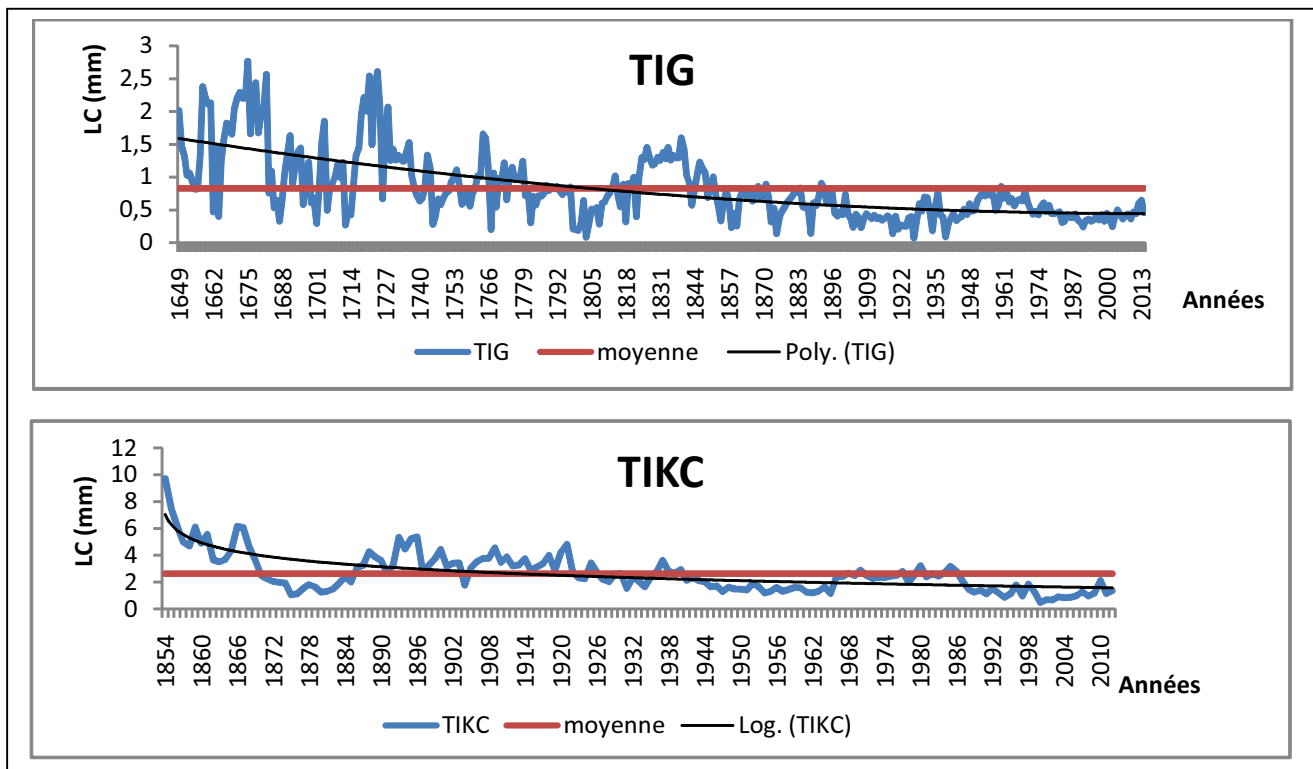


Figure 9 : Profils de la croissance radiale des arbres de Djurdjura

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

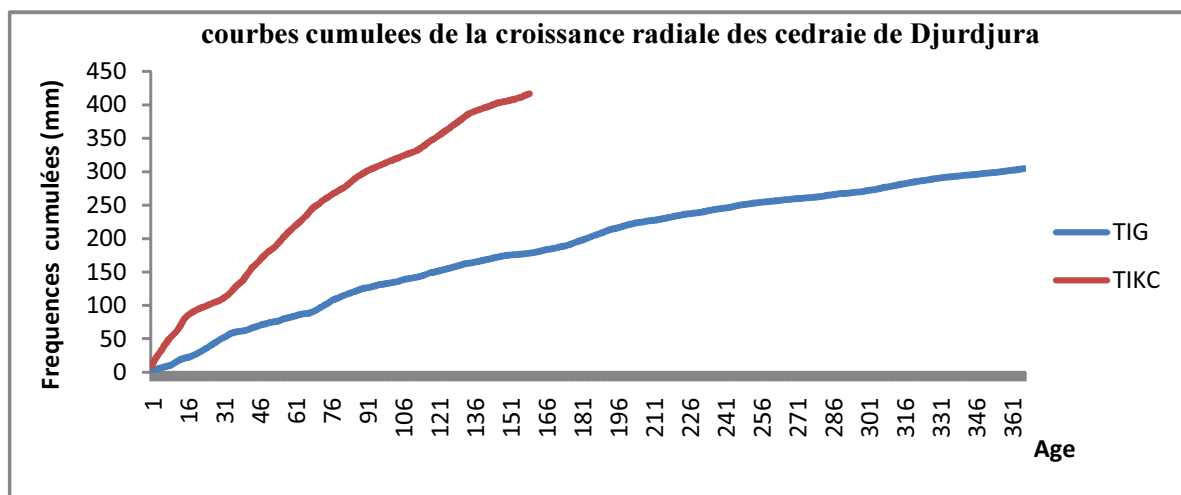
Les modèles de la croissance radiale des arbres de Djurdjura sont différents ; TIG suit une fonction polynomiale et TIKC suit la tendance de la fonction logarithmique (tab.7).

**Tableau 09:** tableau comparatif des tendances de croissance des différents arbres de Djurdjura :

	Modèles de courbe ajustée	R <sup>2</sup>	Les équations de la tendance
<b>TIG</b>	Polynomial	0,426	$Y=8E-06x^2-0,006x+1,595$
<b>TIKC</b>	Logarithmique	0,503	$Y=-1,07\ln(x)+7,027$

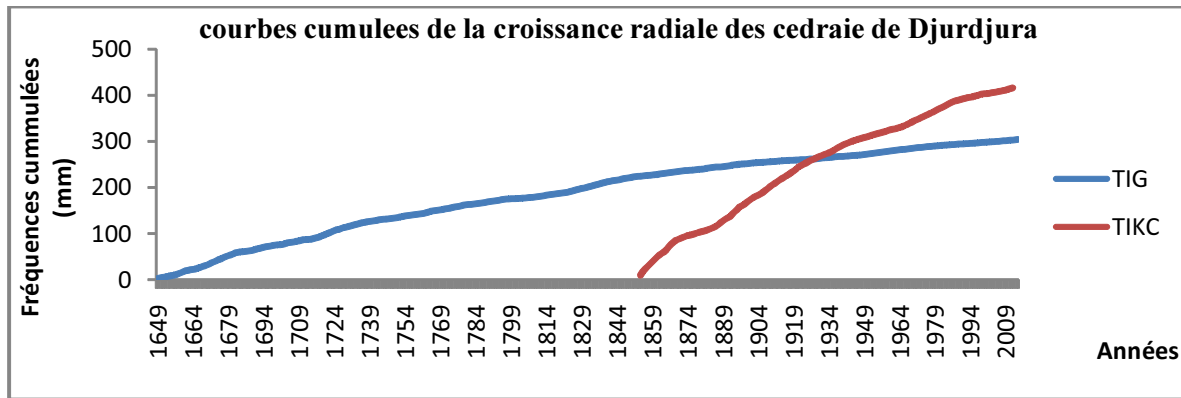
Par rapport aux courbes cumulées en fonction de l'âge absolue (fig.10), on constate que TIG présente une série chronologique plus longue donc plus âgée. Comparée par rapport à la même phase voire 150ans, TIKC apparait plus productive.

Le chevauchement observé (fig.11) semble traduire les différences de biotope entre les deux sites (TIG et TIKC). La station de TIKC se caractérise par une forte pente, un sol profond et dans le bas fond. Egalement, elle se situe à plus basse altitude que TIG.



**Figure 10 :** Courbes cumulées de la croissance radiale de Djurdjura en fonction de l'âge absolue

## Chapitre 3 : Résultats et discussions



**Figure 11:** Courbes cumulées de la croissance radiale de Djurdjura en fonction des années.

Le tableau 10 montre que la largeur moyenne de cerne (LMC) de TIKC est plus grande avec une LMC=2,62mm celui de TIG =0,83mm. Le plus mince cerne caractérise TIG (LC min=0,07mm) et le plus large TIKC (LC max=9,71mm). La plus importante variation interannuelle marque TIG (CV=62,99% et  $\delta=0,52$ ).

Les sensibilités moyennes SM montrent que les arbres de TIG sont plus sensible (SM=0,31) tandis que TIKC (SM=0,23).

**Tableau 10:** Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Djurdjura :

Les paramètres	TIG	TIKC
Moyenne	0,83	2,62
Erreur-type	0,03	0,11
Écart-type	0,52	1,44
Variance de l'échantillon	0,27	2,07
CV (%)	62,99	54,98
Minimum	0,07	0,47
Maximum	2,77	9,71
Somme	304,44	416,16
Nombre d'échantillons	366,00	159,00
SM	0,31	0,23

Le coefficient de corrélation ( $r$ ) estimé entre TIKC et TIG ne montre pas de synchronisme entre les séries de croissance des deux sites. Ceci est confirmé par un coefficient de corrélation très faible ( $r = 0,09$ ) : absence de relation entre TIKC et TIG. Le fonctionnement du cèdre diffère entre les deux sites.

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

L'application du test de l'analyse de la variance (ANOVA) pour caractériser les différences qui pourraient exister entre les arbres de Djurdjura, montre qu'il existe bien des différences très significatives entre les séries chronologiques étudiées, soit ( $f_{obs.} = 432,41 > f_{th} = 3,86$ ) (tabl.11).

**Tableau 11** : Tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Djurdjura avec  $\alpha=0.05$

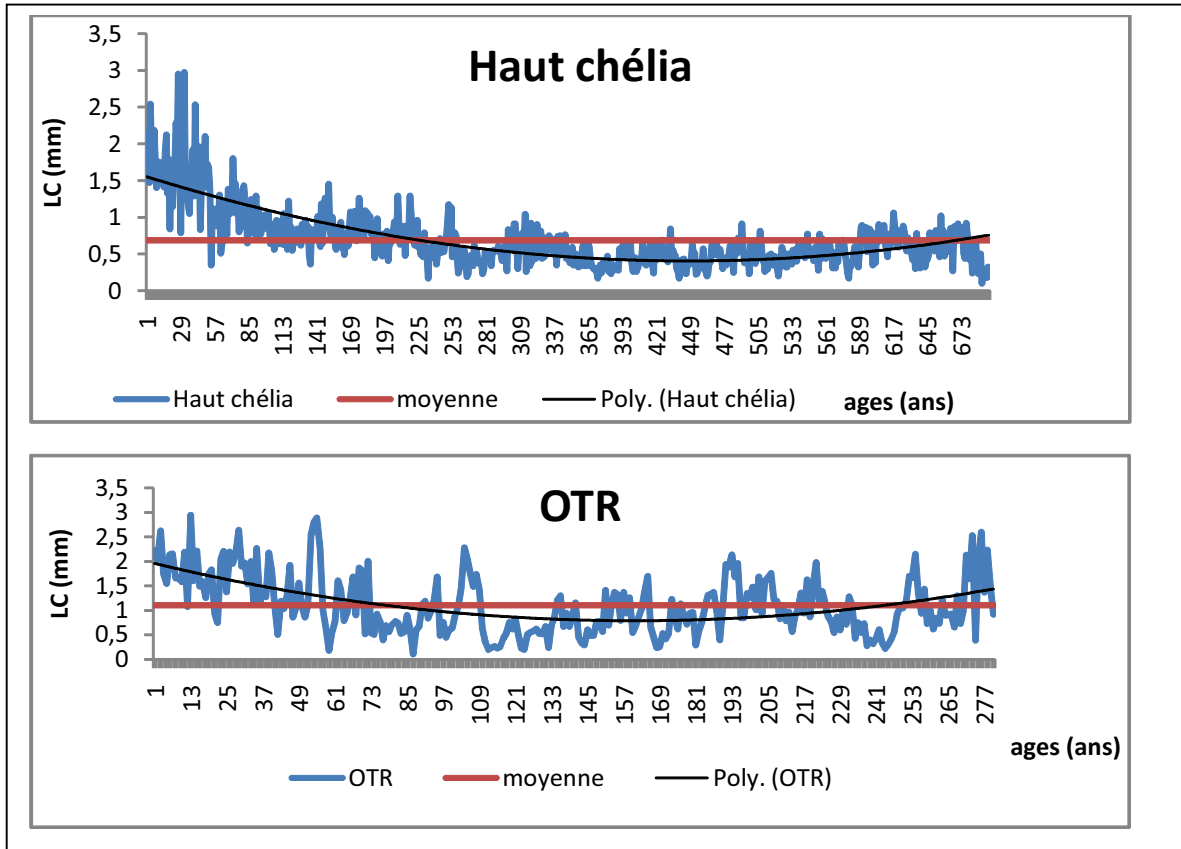
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
TIG	366	304,44	0,83	0,27
TIKC	159	416,16	2,62	2,07

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
Entre Groupes	353,39	1	353,40	432,41	3,86
A l'intérieur des groupes	427,43	523	0,817		
<b>Total</b>	<b>780,82</b>	<b>524</b>			

### 3.3. La croissance radiale de Chélia:

La figure 12 schématise la croissance radiale des deux sites du Chélia : Haut Chélia et Oued Tidder (OTR). Elle montre les divergences de croissances par rapport aux phases de croissance dans les deux stations. Ces phases correspondent aux valeurs  $>$  ou  $<$  à la moyenne (LMC). De fait, on constate d'une manière générale que :

- Haut Chélia a 6 phases : 1an -230ans, 300ans – 344ans et 589ans – 677ans  $\geq$  à la moyenne ; 231ans – 299ans, 345ans – 588ans et 678ans – 696ans  $\leq$  à la moyenne.
- OTR a 7 phases : 1an – 69 ans ; 103ans -108ans ; 191ans – 223 ans et 251 ans – 280ans  $\geq$  à la moyenne et 70ans -102ans ; 109ans- 190ans et 224 ans – 280ans  $\leq$  à la moyenne.



**Figure 12** : Profils de la croissance radiale des arbres de Chélia

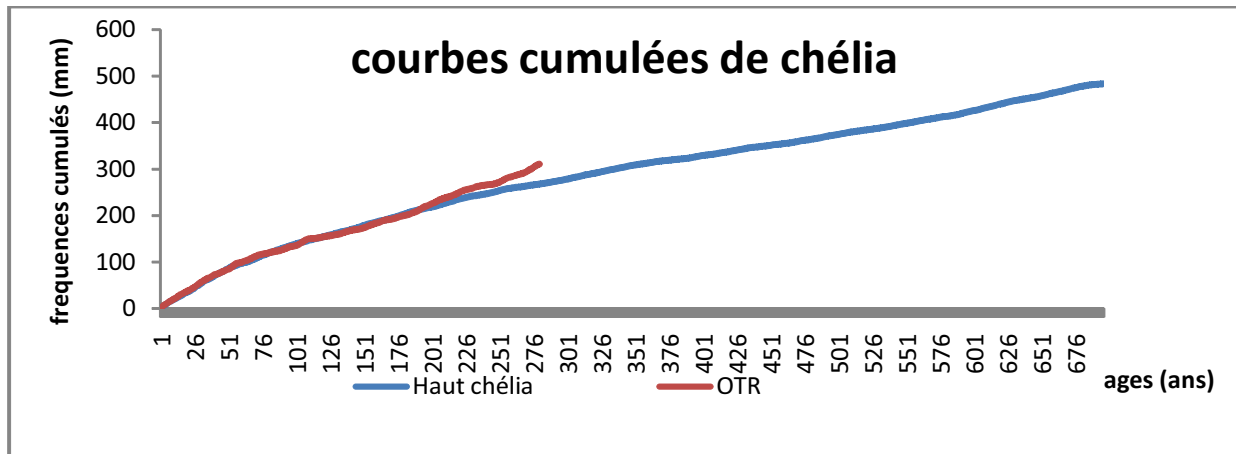
Les profils de la croissance radiale des deux sites de Chélia suivent la même tendance : fonction polynomiale (tab.12). Toutefois, le niveau de précision du modèle est plus intéressant au Haut du Chélia ( $R^2 = 0,599$ ) (tab.10).

**Tableau 12** : Tableau comparatif des tendances de croissance des arbres de Chélia:

	Modèles de courbe ajustée	R <sup>2</sup>	Les équations de la tendance
<b>Haut Chélia</b>	Polynomial	0,599	$Y=6E-06x^2-0,005x+1,554$
<b>OTR</b>	Polynomial	0,257	$Y=5E-05x^2-0,014x+1,973$

Bien que les chronologies du Haut Chélia soit plus largeur puis la croissance des deux se superpose jusqu'à l'âge de 196 ans puis OTR se manifeste par une meilleure productivité (fig.13).

## Chapitre 3 : Résultats et discussions



**Figure 13 :** Courbes cumulées de la croissance radiale des cédraies de Chélia en fonction de l'âge absolu.

Les séries de cernes du Chélia montre une variabilité annuelle. Les valeurs maximales, des deux sites sont proches (Haut Chélia = 2,97mm ; OTR = 2,95) même pour les valeurs minimales (Haut Chélia = 0,10 mm ; OTR = 0,11). La variation interannuelle caractérise la série du Haut Chélia où le coefficient de variation  $CV=57,30\%$  et  $\delta=0,40$  (tab.13).

Les sensibilités moyennes (SM) montrent que les arbres d'Oued Tidder(OTR), avec une  $SM=0,39$  apparaît plus sensible aux variations interannuelles des conditions climatiques.

Le coefficient de corrélation estimé entre les deux stations est de ( $r = 0,31$ ). Il est significatif au seuil  $\alpha=0,05$ . Bien que les deux stations soient éloignées, interprètent qu'elles sont soumises à un même facteur de croissance qui ne pourrait être que climatique.

**Tableau 13:** Les paramètres statistiques descriptives des différents arbres de Chélia :

Les paramètres	Sommet de Chélia	OTR
Moyenne	0,69	1,11
Erreur-type	0,02	0,04
Écart-type	0,40	0,60
CV (%)	57,30	54,54
Variance de l'échantillon	0,16	0,37
Minimum	0,10	0,11
Maximum	2,97	2,95
Somme	483,52	310,37
Nombre d'échantillons	696,00	280,00
SM	0,29	0,39

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

Cette action du climat semble être modulée par les différences de milieu (pente, sol) d'où les différences très hautement significative des moyennes de LMC entre les deux sites (fobs= 156,95 > f th=3,85 , $\alpha=0.05$ ) (tab.14)

**Tableau 14** : Tableau d'analyse de variance à un facteur pour les arbres de Chélia avec  $\alpha=0.05$

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Haut Chélia	696	483,52	0,69	0,16
OTR	280	310,37	1,11	0,37

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
Entre Groupes	34,18	1	34,18	156,95	3,85
A l'intérieur des groupes	212,13	974	0,22		
Total	246,31	975			

### 3.4. Comparaison de la croissance radiale entre les trois stations Chréa, Djurdjura et Chélia :

La comparaison est basée sur les seules chronologies maitresses. L'analyse comparée des trois séries montre que la croissance radiale de Chréa apparait plus importante et qu'on n'observe pas de synchronisme parfait entre les trois cédraies (fig.14). Celles du Djurdjura et de Chélia semblent se superposer.

Dans les trois cas, le modèle de croissance obtenu soit la tendance polynomiale avec des différences très marquées par rapport à leurs précisions ( $R^2$  différent) (fig.14 et tab.15).

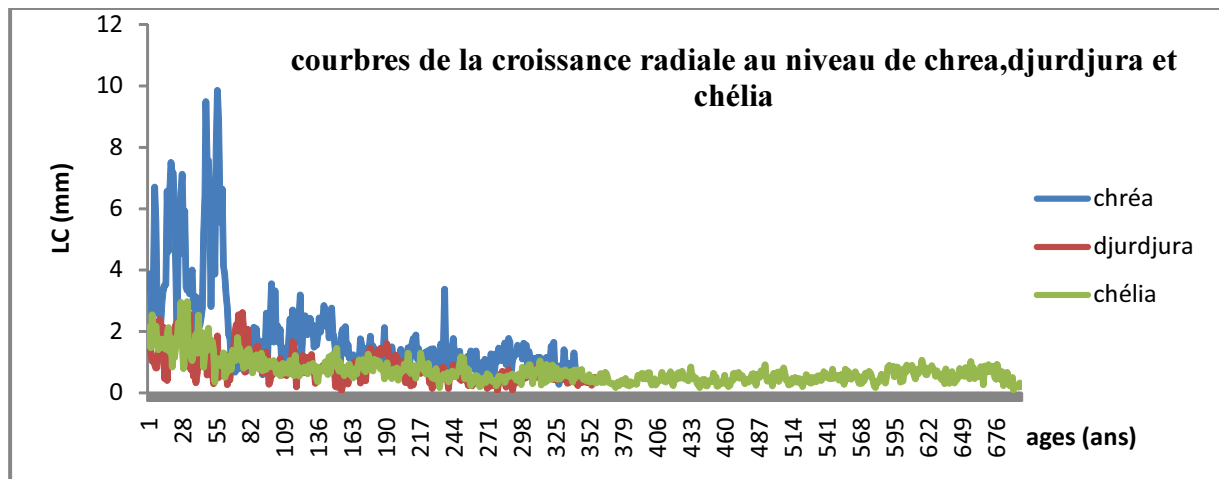
La figure 15 fait apparaitre les divergences qu'on peut rattacher aux phases de croissance :

- ✓ Chréa : 4 phases (1an – 60ans et 97ans-158ans  $\geq$  à la moyenne ; 61ans-96ans et 159ans – 341ans  $\leq$  à la moyenne) la 4<sup>ème</sup> phase semble perturbée par l'accélération de l'année 237.

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

- ✓ Djurdjura : 6 phases (1an - 36ans, 372ans -131ans et 177ans - 203 $\geq$  à la moyenne ; 37ans – 371ans, 132ans – 176ans et 204ans – 366ans  $\leq$  à la moyenne).
- ✓ Chélia : 6 phases (1an -230ans, 300ans – 344ans et 589ans – 677ans  $\geq$  à la moyenne ; 231ans – 299ans, 345ans – 588ans et 678ans – 696ans  $\leq$  à la moyenne).

Nous constatons que ces phases ne se superposent pas entre les trois cédraies.



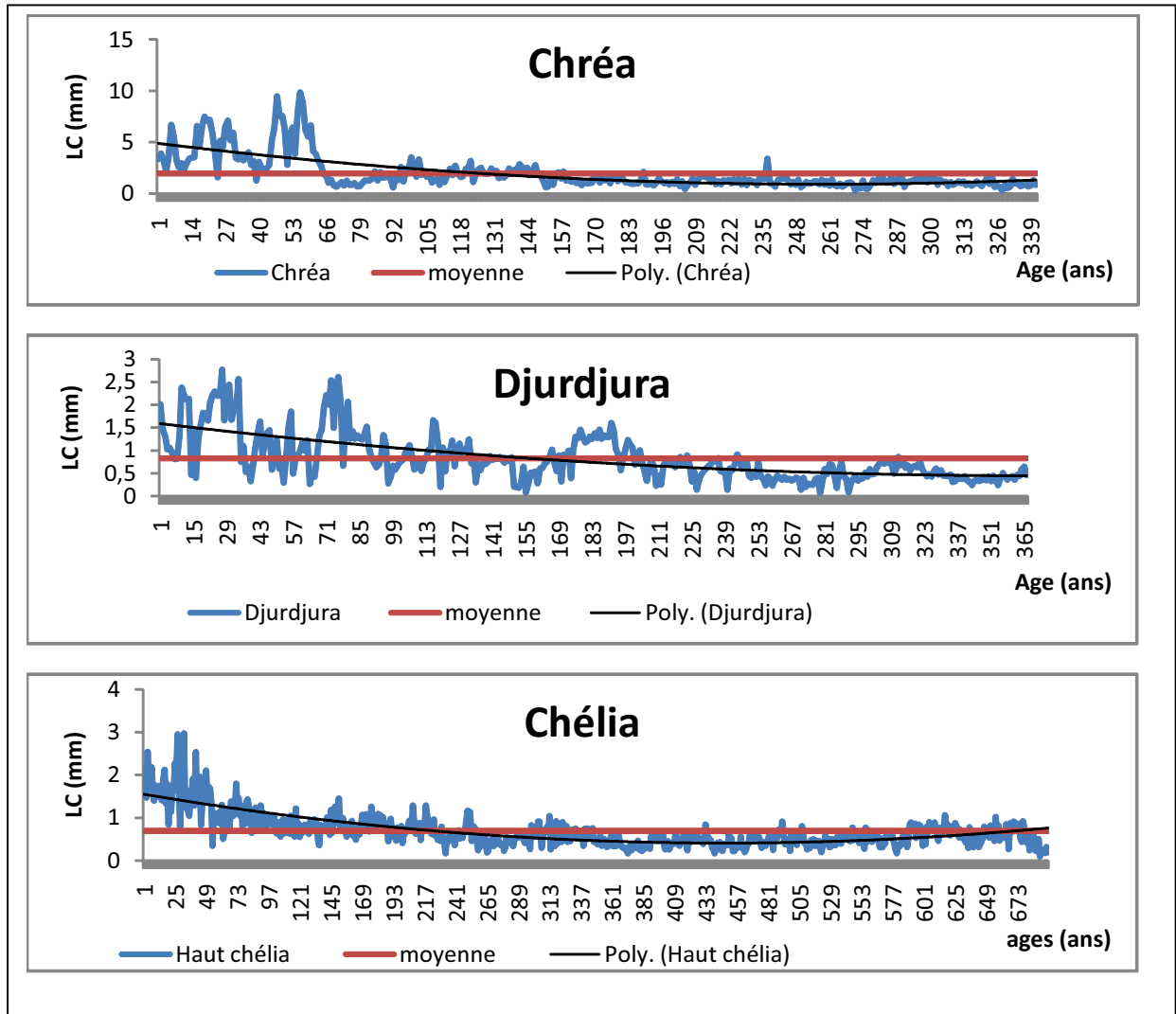
**Figure 14:** Courbes de la croissance radiale des arbres les plus grands au niveau des trois stations.

Les courbes cumulées des trois stations (fig.15) mettent en évidence la forte productivité du cèdre de Chréa. Quant aux deux autres, Djurdjura et Chélia, leurs croissance se superposent jusqu'à 350 ans et présente une même tendance (tab.15). Ceci apparaît étonnant en raison du contraste du milieu des deux sites. La logique devrait rapprocher Chréa du Djurdjura : plus proche géographiquement et soumises aux même étage de végétation et de bioclimat.

L'analyse descriptive des arbres de ces cédraies (tab.16) montre que Chréa est plus grand avec LMC=1,96mm que celui de Djurdjura où LMC=0,83mm et Chélia affiche une LMC=0,69mm. Le plus mince cerne est au niveau de Djurdjura (LC min=0,07mm) et le plus large est au niveau de Chréa (LC max=9,85mm). La variation interannuelle caractérise Chréa où le coefficient de variation CV=84,38% et  $\delta=1,66$ .

Les sensibilités moyennes (SM) montrent que cèdre de Chélia est plus sensible (SM=0,89) que de celle de Chréa et Djurdjura (SM=0,31).

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

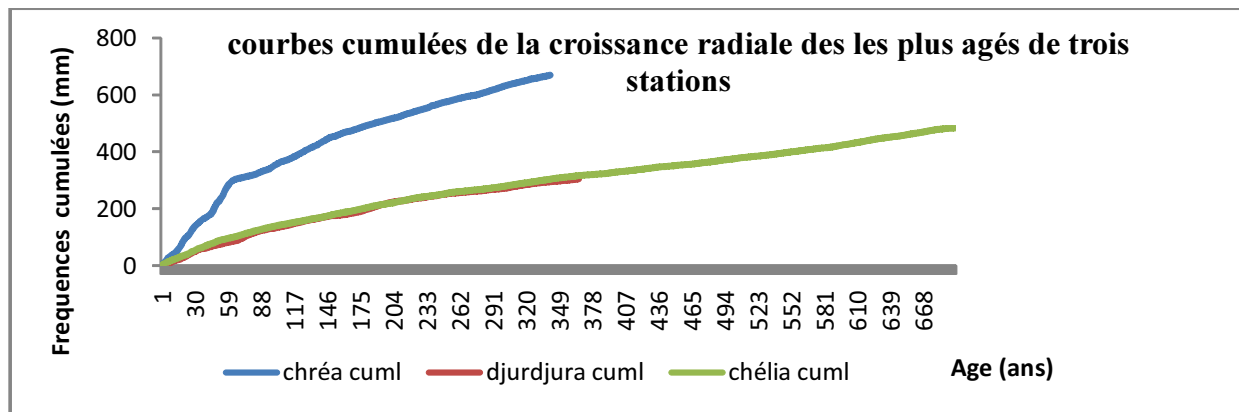


**Figure 15:** Profils de la croissance radiale des cédraies au niveau de Chréa, Djurdjura et Chélia

**Tableau 15 :** Tableau comparatif des tendances de croissance de différentes stations:

	Modèles de courbe ajustée	R <sup>2</sup>	Les équations de la tendance
<b>Chréa</b>	Polynomiale	0,489	$Y=6E-05x^2-0,031x+4,932$
<b>Djurdjura</b>	Polynomiale	0,426	$Y=8E-06x^2-0,006x+1,594$
<b>Chélia</b>	Polynomiale	0,599	$Y=6E-06x^2-0,005x+1,554$

## Chapitre 3 : Résultats et discussions



**Figure 16 :** Courbes cumulées de la croissance radiale des arbres les plus âgés de trois stations en fonction de l'âge absolu

Le coefficient de corrélation ( $r$ ) estimés fait apparaitre la liaison étroite entre Djurdjura et Chélia ( $r = 0,58$ ,  $\alpha=0.05$ ) (tab.17). La relation entre Chréa et Djurdjura est plus faible. Globalement, ces relations significatives entre les trois cédraies mettent en évidence un trait commun de croissance.

A titre d'hypothèse, on pourrait le rattacher à un déterminisme génétique ou bien au rapprochement du point vue altitudinale entre les Aurès et Djurdjura.

La comparaison des moyennes des trois cédraies par l'ANOVA (tab.18) montre des différence très hautement significatives entre elles ( $F_{obs}=238,39 > F_{th}=3$ ,  $\alpha=0.05$ ).

Ces différences apparaissent entre les couples : Chréa – Djurdjura ; ( $F_{obs} = 154,15 > F_{th}=3,85$ ), Chréa – Chélia ; ( $F_{obs} = 365,30 > F_{th}=3,85$ ) (tab.19 et 21).

Par contre le couple Djurdjura – Chélia se manifeste par des différences non significative ; ( $F_{obs} = 22,71 > F_{th}=3,85$ ) (tab.20).

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

**Tableau 16:** Tableau d'analyse descriptive des données de la croissance radiale des stations de Chréa, Djurdjura et Chélia :

Les paramètres	chréa	djurdjura	Chélia
<b>Moyenne</b>	1,96	0,83	0,69
<b>Erreur-type</b>	0,09	0,03	0,02
<b>Écart-type</b>	1,66	0,52	0,40
<b>CV (%°)</b>	84,38	62,99	57,30
<b>Variance de l'échantillon</b>	2,74	0,27	0,16
<b>Minimum</b>	0,26	0,07	0,10
<b>Maximum</b>	9,85	2,77	2,97
<b>Somme</b>	669,36	304,44	483,52
<b>Nombre d'échantillons</b>	341,00	366,00	696,00
<b>SM</b>	0,31	0,31	0,89

**Tableau 17:** Tableau des corrélations (r) de la croissance radiale entre les stations d'étude de Chréa, Djurdjura et Chélia avec Seuil  $\alpha=0.05$

	Chréa	Djurdjura	chélia
<b>Chréa</b>	1		
<b>Djurdjura</b>	0,38	1	
<b>Chélia</b>	0,53	0,58	1

**Tableau 18:** Tableau analyse de variance à un facteur globale (des trois stations de Chréa, Djurdjura et Chélia) sur la variation de la croissance radiale ( $\alpha=0.05$ ).

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
<b>Chréa</b>	341	669,36	1,96	2,74
<b>Djurdjura</b>	366	304,44	0,83	0,27
<b>Chélia</b>	696	483,52	0,69	0,16

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour Fth
<b>Entre Groupes</b>	389,31	2	194,65	238,39	3,00
<b>A l'intérieur des groupes</b>	1143,16	1400	0,82		
<b>Total</b>	1532,47	1402			

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

---

**Tableau 19 :** Tableau analyse de variance à un facteur globale entre Djurdjura et Chréa  $\alpha=0.05$

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
<b>Entre Groupes</b>	225,87	1,00	225,87	154,15	3,85
<b>A l'intérieur des groupes</b>	1033,02	705,00	1,47		
<b>Total</b>	1258,89	706,00			

**Tableau 20 :** Tableau analyse de variance à un facteur globale entre Djurdjura et Chélia  $\alpha=0.05$

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
<b>Entre Groupes</b>	4,51	1,00	4,51	22,71	3,85
<b>A l'intérieur des groupes</b>	210,35	1060,00	0,20		
<b>Total</b>	214,86	1061,00			

**Tableau 20 :** Tableau analyse de variance à un facteur globale entre Chélia et Chréa  $\alpha=0.05$

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobs	Valeur critique pour F
<b>Entre Groupes</b>	368,11	1,00	368,11	365,30	3,85
<b>A l'intérieur des groupes</b>	1042,95	1035,00	1,01		
<b>Total</b>	1411,06	1036,00			

### Conclusion générale

---

Au terme de ce travail sur les plus longues chronologies de cèdre de trois cédraies (Djurdjura, Chréa et Chélia), considérées très contrastées du point de vue surtout climatique, il ressort que la croissance radiale ne suit pas un gradient de croissance très précis. Bien que la tendance de croissance globale soit plus ou moins similaire et s'apparente au profil d'une fonction polynomiale, les tests appliqués et les comparaisons mises en œuvre mettent en évidence des différences significatives entre la cédraie de Chréa et le couple Djurdjura-Chélia. A un même âge de référence, la croissance de ces deux cédraies se rapproche et se superpose alors que la cédraie de Chréa apparaît plus productive. Ce rapprochement entre le Djurdjura et Chélia demeure étonnant ; elles sont géographiquement éloignées, soumises et appartenant à un bioclimat et à un étage de végétation différents. Le facteur commun n'est que topographique (fortes pentes) et altitudinale : altitude des stations étudiées supérieure à 1500 m. Ce n'est pas le cas à Chréa.

A l'intérieur d'une même cédraie, Tikjda centre (TIKC) affiche une activité cambiale plus intense par rapport à Tigounatine (TIG). TIKC fournit des valeurs maximales de croissance de 9,71mm. Ainsi, les conditions stationnelles de la cédraie centrale de Tikjda apparaissent plus favorables à la croissance radiale. Ce n'est pas le cas au Chélia où la croissance comparée entre le Haut Chélia et Oued Tidder (OTR) reste stable et se superpose jusqu'à l'âge de 196 ans. Les conditions de milieu ne semblent pas moduler l'activité cambiale de cette cédraie méridionale, contraire à ce qui a été observé au Djurdjura. Les LC maximales obtenues sont inférieures 2,95mm. Il se pourrait que cette croissance similaire ou proche au Chélia soit liée à l'homogénéité de son climat.

## Conclusion générale

---

A Chréa, la croissance diffère d'un arbre à l'autre et d'une station à l'autre. Elle est soumise à trois types de modèle : polynomial, exponentiel négatif et logarithmique. Ici, l'effet propre à l'arbre et à la station apparaît fort bien. Bien que le cèdre de Marabout 1 et 2 soit plus productif, l'arbre S3V enregistre la plus forte largeur de cerne ( $LC = 2,47\text{mm}$ ). Certains arbres affichent des LC maximales de 9,85mm donc proches du Djurdjura par rapport à cette échelle d'observation, mais très loin de celles du Chélia.

Les irrégularités des phases de croissance sur une même chronologie et les divergences entre les chronologies des trois cédraies laissent penser que l'homme avait modulé l'action des facteurs du milieu par ses interventions périodiques au cours des années plus au moins lointaines. Les prélèvements d'arbres a changé le profil théorique de la croissance radiale et à tendance à former des plages de cernes minces et larges. Toutefois, ces interventions périodiques n'interviennent pas à un rythme régulier et qui pourrait assurer la régularité de la croissance, critère important en rapport à la qualité du bois. Ces plages intercalaires augmentent les contraintes physiques et mécaniques du bois d'où sa médiocrité. Pour le dépérissement des arbres à Chréa, il n'est pas lié au stress hydrique ou à la sécheresse d'autant plus que les cèdres dépéris a enregistré une productivité importante. La mortalité n'est pas sujette à une diminution de la croissance progressive, elle est de type brutale. Elle est donc mécanique que nous avons rattaché aux déblais à l'aval des routes. Les cicatrices retrouvées à l'amont de l'arbre sont des témoins.

L'ensemble des résultats obtenus nous oriente à mieux appréhender les pratiques sylvicoles à entreprendre à l'échelle des cédraies. A notre avis, il n'est pas recommandé de traiter les trois cédraies de la même manière puisqu'elles réagissent différemment aux conditions du milieu. Ainsi, l'étude de la typologie des stations et des peuplements de chacune des cédraies est en soi un préalable, et ce pour mieux cerner les interactions "station-production-croissance".

## Références bibliographiques :

- ABDESSEMED.K., 1981. Le Cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma- Étude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement – *Thè. Doct. Ing. Fac. St. Jérôme*, Marseille. 199 p.
- ABDESSEMED.S., 2008. Comportement des semis du cèdre de l'Atlas en conditions de stress thermique. Thèse .Magister. Fac .Batna. 128p.
- ATLAS des parcs nationaux Algériennes, parc national de Chréa et Djurdjura, direction général des forêts.
- BAHRI.B., 2007. Contribution à l'étude de l'influence des facteurs édaphiques, orographiques et biologiques sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. M) dans les monts des Ouled Yagoub. Mémoire Magister, Université colonel El hadj Lakhdar Batna, 106p.
- BENTOUATI.A., 2008. La situation du cèdre de l'atlas dans les Aurès (Algérie) forêt méditerranéenne tome XXIX (2) Pp : 203-208.
- BESSE.P., 2003. Pratique de la modélisation statistique. Publications du laboratoire de statistique et probabilités. Univ.Paul Sabastier (Toulouse III), 81p.
- BOUDY.P., 1950. Economie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, T2. Pp : 529-619.
- CHBOUKI.N., 1994. Ecophysiologie et autoécologie : Une synthèse dendroclimatique du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc*, (1994), T (27), 33-59.
- CHEBOUKI., 1994. Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas. Thèse de magistère-Université de Batna- Pp5-13.
- COINTAT.M., 1996. Le Roman du cèdre. *Rev .For. Fr.*XL VIII : 503-526
- DERRIDJ.A., 1990. Étude des populations de *Cedrus atlantica* en Algérie, Thèse de Doctorat d'Université, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1990, 288 p.
- DUCREY.M., 1994. Adaptation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen. Aspect écophysiologique de sa réaction à la sécheresse. *Ann. Rech. For. Maroc*. T27 (spécial) Pp : 139-153.
- EMBERGER. L., 1938. Contribution à la connaissance des cédraies et en particulier du Deodora et du cèdre de l'Atlas. *Rev. Bot. Appl et Agri* N°198. 192p.
- FRITTS.H.C., 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London, 567 pp.
- GACHI.M, 1994. Note sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Lepidoptera ; Thaumetopoeidea). *Ann. Rech. For. Maroc*, T(27). Pp : 527-537.

- HALIMI.A., 1980. L'Atlas Blidéen – climat et étages végétaux. Office des publications universitaires – Alger. Edition n° 648.532p.
- HARFOUCHE. A et NEDJAH.A., 2003. Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l'Aurés à la recherche de peuplements semenciers et d'arbre. Rev. For. Fr. Vol. 55, n°2, Pp :113-122.
- HOUAMEL.A.C., 2012. Contribution a l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du parc national du Belezma). Mémoire Magister, Université AboubekrBelkaïd, Tlemcen, 84p.
- ILMEN.R., SABIR.A et BENZYANE. M., 2014. Reconstruction dendroclimatique de la variation de température moyenne avril-juillet depuis 1776 AD dans le Moyen Atlas, Maroc (A dendroclimatic reconstruction of april-july mean temperature variation in the Middle Atlas, Morocco, since 1776 AD). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) :167-176. Eurl: <http://www.jmaterenvironsci.com> (2014).
- KROUCHI.F., 2010. Etude de la diversité de l'organisation reproductive de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala Guilef, Djurdjura, nord-ouest, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Memmeri, Tizi Ouzou. 127pp.
- LAPIE.G., 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse de Doctorat. Université de Paris. 156pp.
- LEBOURGEOIS.F et MERIAN. P., 2012. Principes et méthodes de la dendrochronologie. AgroParisTech-ENGREF. 88PP.
- MEDDOUR.R., 1994. La cédraie de l'Atlas Blideen (Algérie) valeur bioclimatique, syntaxonomique et dynamique. Ann. Rech. For. Maroc, T(27). Pp : 105-127.
- MESSAOUDENE.M, 1989. Dendroécologie et productivité de *Quercus afares* POMEL et *Quercus canariensis* WILL. Dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghobri en Algérie. Th. Doct. ssciences, univ. Aix-Marseille III, 123p.
- MESSAOUDENE.M et TESSIER.L, 1997. Relation cerne-climat dans des peuplements de *Quercus afares* POMEL et *Quercus canariensis* WILL. en Algérie, Ann.Sci.For., vol 54-N4, pp :313-408.
- MESSAOUDENE.M., LAUKKAS.A., JANIN.G., TAFER.M et GONÇALEZ.J., 2004. Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). Ann. For. Sc. 61 :589-595.
- MESSAOUDENE.M., TAFER.M., ABDERRAHMANI et GUIBAL.F., 2011. Le dépérissement du cèdre dans le Bélezma. Impact des changements climatiques. Com. Séminaire Inter. Sur le cèdre. Batna, 13-14 Déc.2011.
- M'HIRIT.O., 1994. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Mediterranea "Le Cèdre". In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du

séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). 4-21.

M'HIRIT.O., 1999. Le cèdre de l'Atlas Manetti à travers le réseau Silva Mediterranea Cèdre. Bilan et perspectives. Forêt Méditerranéenne 10 (3), 91-99.

NEDJAH. A., 1994. Etude de la croissance radiale des provenances du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie. Ann. Rech. For, Maroc, (1994), T (27), 451-462.

NADJAH.M., 1988. La croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa, Ann. Rech.Forest. Algérie, Vol2, Pp23-58.

QUEZEL.P et MEDAIL.F., 2003 : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Edi : Lavoisier, Paris, 576 p.

ROCHE.E., 2006. Palynologie de la région méditerranéenne. Université de Liège. Notes de cours, inédit.

P.N.D., 2009. Plan de gestion du parc National du Djurdjura. 26p.

SERRE.F., 1973. Contribution à l'étude dendroclimatologie du pin l'Alep (*pinus halepensis*). Th. Doct.és sciences, univ.Aix-Marseille III, 144p.

SLIMANI.S., 2014. Reconstitutions dendrochronologiques du climat et de l'historique des incendies dans les régions des Aurés et de Kabylie, nord de l'Algérie. Thèse de doctorat, Université Mouloud Memmeri, Tizi Ouzou. 152p.

TESSIER.L., 1984. Dendroclimatologie et écologie de *Pinus Silvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. Dans le Sud-Est de la France. Thèse d'Etat, Université d'Aix-Marseille, 275p.

TOUCHAN.R., 2008. May-August paler drought index reconstruction for Tunisia and Algeria from tree rings. Univ.of Arizona. Tucson (USA), 2 pages.

TOUCHAN.R., ANCHUKAITIS.K.J., MEKO.D.M.,ATTALAH.S et ALOUI.A.,2008. Long term context for recent drought in northwestern Africa. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 35, 1-5.

TOUCHAN.R., ANCHUKAITIS.K.J., MEKO D.M., SABIR M.,ATTALAH.S et ALOUI.A., 2011. Spatiotemporal drought variability in northwestern Africa over the last nine centuries. Clim Dyn (2011) 37:237-252 VANCLAY J.K., 2010. Les pratiques sylvicoles peuvent –elles améliorer l'économie d'eau. Forêt Médit., T. XXXI, n°4 :363-365.

TILL.C., 1985: Recherches dendrochronologiques sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Endl. carrière) au Maroc. Thè. Doc. Fac des sciences. Uni. Catholique de Louvain. La Neuve. 231 p et annexes.

YAHI.N., 2007. Les cédraies algériennes: phytoécologie et phytosociologie dynamique et conservation des peuplements. Thèse de Doctorat, USTHB, 218 p.

ZARHMOUL.S., 2015. Etude de l'effet de la station sur la régénération naturelle et la croissance du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*). Mémoire de Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc, 36p.

## Annexes :



Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)



Le bois du cèdre de l'Atlas



Le dépérissement du cèdre de l'Atlas à Tikjda (Messaoudene, 2010)

## Résumé

L'objectif de ce travail consiste à mettre en évidence le comportement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlanticamanitti*) en utilisant la croissance radiale, voire l'approche dendrochronologique, dans les cèdraies du Djurdjura, Chréa et Chélia caractérisées par un climat et une topographie contrastées.

Les différentes analyses utilisées montrent que la croissance radiale du cèdre dans les trois régions ne suit pas un gradient de croissance très précis, des différences significatives entre la cèdraie de Chréa et le couple Djurdjura-Chea. La croissance de ces deux cèdres se rapproche et se superpose tandis que la cèdraie de Chréa apparaît plus productive. À l'intérieur d'une même cèdraie, Tikjda centre affiche une activité cambiale plus intense par rapport à Tigounatine. Les conditions stationnelles de la cèdraie centrale de Tikjda apparaissent plus favorables à la croissance radiale. Ce n'est pas le cas au Chélia où la croissance comparée entre le Haut Chélia et Oued Tidder reste stable et se superpose jusqu'à l'âge de 196 ans. Les conditions de milieu ne semblent pas moduler l'activité cambiale de cette cèdraie méridionale. À Chréa, la croissance diffère d'un arbre à l'autre et d'une station à l'autre.

Les irrégularités des phases de croissance sur une même chronologie et les divergences chronologies des trois cèdres laissent penser que l'homme avait modulé l'action des facteurs du milieu par ses interventions périodiques au cours des années plus ou moins lointaines.

**Mots clés:** cèdre de l'Atlas, dendrochronologie, Croissance radiale, Chréa, Djurdjura, Chélia.

## Abstract

The aim of this work is to understand the behavior of the Atlas cedar (*Cedrus atlanticamanitti*) using radial growth or dendrochronological approach in the cedar forests of Djurdjura, Chréa and Chélia characterized by a climate and a contrasting topography.

The analyzes show that used radial growth cedar in the three regions do not follow a very specific growth gradient, significant differences between the cedar forest of Chréa and Djurdjura-Chea couple. The growth of these two approaches cedar forests and overlays while the cedar forest of Chréa appears more productive. Inside the same Cèdraie, Tikjda center displays a cambial activity more intense compared to Tigounatine. The site conditions of the central cedar of Tikjda appear more favorable to the radial growth. This is not the case in Chélia where growth compared between Upper and Chélia Oued Tidder remains stable and is superimposed to the age of 196 years. middle of the conditions does not appear to modulate the activity of this southern cambial cedar forest. In Chréa, growth differs from one tree to another and from one station to another.

The Irregularities growth phases on the same timelines and chronologies diverged of three cedar forests suggest that the man had modulated the action of environmental factors in its periodic interventions over the years more or less distant.

**Keywords:** Atlas cedar, dendrochronology, radial growth, Chréa, Djurdjura Chélia