

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la recherche Scientifique

Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques

Département des sciences agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en science forestière

Thème :

Etude dendrochronologique du cèdre de l'Atlas

(*Cedrus atlantica Manetti*) au niveau de la région

forestière de Thala- Guilef

**Présenté par : IFIRES Lyes
HOCINI Ali**

Devant le jury composé de :

President: Mr. AIT SAID S.	MCA	U.M.M.T.O.
Promoteur : Mr. RABHI K.	Professeur	U.M.M.T.O.
Examinatrice : Mme AMIRAT Y.	MAA	U.M.M.T.O.
Examinatrice : Mme KROUCHI F.	Professeur	U.M.M.T.O.

Année 2021/2022

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, on remercie le bon dieu tout puissant, de nous avoir donné la force et la volonté pour mener bien ce travail et l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

On tient à remercier tout particulièrement Mr RABHI, pour avoir accepté de nous encadrer, diriger et conseiller pour la réalisation de ce travail.

Qu'il trouve ici toutes nos reconnaissances et nos gratitude.

On exprime notre reconnaissance à Mr AIT SAID, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et son aide sur le terrain.

Nos vifs remerciements à Mme AMIRAT pour l'intérêt et son aide bénéfique qu'elle est porté à ce travail en acceptant de l'examiner et de nous accompagner sur terrain.

Un grand merci à Mme KROUCHI d'avoir accepté de faire partie du jury et son accompagnement sur terrain.

On remercie les forestiers du parc national Djurdjura en particulier les forestiers de la région Thala-Guilef de nous bien accueillir durant notre travail sur terrain.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidées et soutenues de près ou de loin durant nos recherches.

En fin une vive pensée à tous les professeurs qui nous ont enseigné pendant notre cursus.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon père paix à son âme qui m'a appris le langage de la patience et le bon chemin du bonheur et de la réussite.

*A la lumière de ma vie, qui s'est sacrifié pour moi et d'être toujours à mes coté, qui n'a jamais cessé de me rendre heureux, mon adorable mère **Fatma**.*

*A mes très chères sœurs **Syha, Katia, Nessrine**, qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A mon cher frère unique **Sofiane** qui est toujours présent pour moi et son soutien durant mon parcours des études.*

*A mon oncle **Mouloud** qui ne m'a jamais laissé tomber.*

*A ma chère **Feriel** qui m'a fait vivre la joie et le bonheur.*

A tous mes enseignants des spécialités foresterie.

A mon enseignant Mr BOUDJEMA S.

A mes amis et collègues sans exception.

I. Lyes

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Mes très chers parents et mes chers frères et sœurs pour leur soutien, affection et amour, leur confiance et patience et pour leurs sacrifices infinis.

Tous mes amis puissent ce travail vous exprime mes souhaits de succès, et mes sincères sentiments envers vous.

À tous ceux qui me sont chers de près et de loin.

Ali

Introduction

Chapitre 01 : Description de l'espèce

1.	Description de l'espèce.....	02
1.1-	Historique du genre Cedrus	02
1.2-	Systématique de genre Cedrus	03
1.3-	Caractéristique générales du cèdre du l'Atlas.....	03
1.3.1-	Caractéristiques botaniques.....	03
a-	Port.....	03
b-	L'écorce	04
c-	Feuilles.....	04
d-	Système racinaire.....	05
e-	Organes reproducteurs.....	05
f-	Fruits.....	05
g-	Graines.....	06
h-	Longévité.....	06
i-	Bourgeons.....	06
j-	Bois.....	06
1.3.2-	Cycle de reproduction.....	06
1.4-	Aires de répartition.....	07
1.4.1-	Aire naturelle.....	07
1.4.2-	Aire d'introduction.....	08
1.5-	Facteurs de répartition.....	08
a-	L'altitude.....	08
b-	Exposition.....	09
c-	Climats.....	09
d-	Substrat.....	10

e- Facteur humain.....	11
1.6- Perturbations et ennemis du cèdre de l'Atlas.....	11
1.7- Importance du cèdre de l'Atlas et des cédraies.....	13

Chapitre 02 : Description de la discipline dendrochronologie

2.1- Aperçu sur le plan ligneux.....	15
2.2- Le cerne ligneux.....	15
2.2.1- Structure du cerne.....	15
2.2.2- Formation du cerne.....	16
2.3- Inter-datation.....	16
2.4- La croissance radiale.....	17
2.5- Anomalies de croissance des cernes.....	17
2.6- Définition de la dendrochronologie	17
2.7- Les domaines d'étude de la dendrochronologie.....	18
2.8- Principes fondamentaux de la dendrochronologie.....	19
2.9- Exigences de base de la dendrochronologie (limites et principes).....	19
2.10- Utilisation et domaines de pratique de la dendrochronologie.....	20
Quelques exemples.....	20

Chapitre 3 : description de la zone d'étude

3.1 Historique du Parc National de Djurdjura.....	24
3.2 Localisation de la zone d'étude.....	24
3.3 Occupation des terres	25
3.4 description de la zone d'étude.....	25
3.4.1- Géologie.....	25
3.4.2- Pédologie.....	25
3.4.3- Géomorphologie.....	26
3.4.4- Végétation.....	26
3.4.5- Caractéristiques climatiques.....	27

Chapitre 04 : matériels et méthodes

4.1- type d'échantillonnage.....	28
4-2- Préparation des carottes à la lecture.....	28
4.3- Les mesures.....	29
4.4- Les courbes d'accroissements cumulés.....	30
4.5- Traitement des données statistiques.....	30
A- Epaisseur des cernes moyenne (ECM).....	30
B- La sensibilité moyenne (SM).....	31
C- Ecart-type.....	31
D- Coefficient de variation	32
E- Le coefficient d'inter-datation (SR).....	32

Chapitre 5 : Résultat et discussion

5.1- analyse des caractéristiques dendrochronologiques	34
5.1.1 - Epaisseur moyenne des cernes	34
5.1.2 - Les courbes individuelles	35
5.1.3- Courbe de synthèse	49
5.1.4 - Coefficient d'interdatation	50
5.1.5- Sensibilité individuelle	50
5.2- Série synthèse ou maitresse	50
5.2.1- Epaisseur moyenne des cernes.....	51
5.2.2- Sensibilité moyenne.....	51
Conclusion.....	53

Liste des tableaux

Tab. 1 : Différentes disciplines de la dendrochronologie et ses applications (Lebourgeois et Merian, 2012).....	18
Tab. 2 : Analyse de la variance des placettes étudiées.....	34
Tab. 3 : Tableau représente les paramètres dendrochronologiques.....	35

Listes des figures .

Fig.1 : écorce du cèdre de l'atlas.....	04
Fig.2 : feuilles du cèdre de l'atlas.....	04
Fig.3 : cône du cèdre de l'atlas.....	06
Fig. 4 : cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (TOUTH,2001 in Philippe et al., 2006).....	07
Fig. 5 : Aire de répartition de <i>Cèdrus atlantica Manetti</i> (Yahi et Djellouli, 2010).....	08
Fig. 6 : chenille processionnaire.....	12
Fig. 7 : arbre mort par une attaque parasitaire.....	13
Fig. 8 : Schéma illustrant le fonctionnement du cambium.....	15
Fig.9 : Coupe schématique transversale d'un cerne.....	16
Fig.10: Détermination de l'année de passage du feu (Schweingruber, 1998 à Ait aider et Announ, 2007).....	21
Fig.11: Sens de formation du bois de compression (Frits, 1979).....	21

Fig.12: zone d'étude (Thala-Guilef).....	24
Fig.13 : tarières de pressler.....	28
Fig.14 : carottes du cèdre de l'atlas étudiées.....	29
Fig.15 : La machine LINTAB 5.....	29
Fig.16 : courbe individuelle de la placette 1.....	36
Fig.17 : courbe individuelle de la placette 2.....	36
Fig.18 : courbe individuelle de la placette 3.	37
Fig.19 : courbe individuelle de la placette 4.	38
Fig.20 : courbe individuelle de la placette 5.	38
Fig.21 : courbe individuelle de la placette6.	39
Fig.22: courbe individuelle de la placette 7.	40
Fig.23: courbe individuelle de la placette 8.	40
Fig.24: courbe individuelle de la placette 9.	41
Fig.25: courbe individuelle de la placette 10.	42
Fig.26: courbe individuelle de la placette 11.	43
Fig.27: courbe individuelle de la placette 12.	44
Fig.28: courbe individuelle de la placette 13.	44
Fig.29: courbe individuelle de la placette 14.	45
Fig.30 : courbe individuelle de la placette 15.	46
Fig.31 : courbe individuelle de la placette 16.	47
Fig.32 : courbe individuelle de la placette	48
Fig.33 : courbe individuelle de la placette 18.	49
Fig.34 : courbe de synthèse.....	49

Introduction générale

Introduction générale

Endémique nord-africain, le cèdre de l'atlas forme de très beaux écosystèmes forestiers, ce résineux façonne l'architecture paysagère des habitats montagnards siège d'une grande valeur patrimoniale. Il caractérise des forêts de montagne, au Maroc avec 16 000 ha dans le Rif, 116 000 ha dans le moyen et haut atlas et en Algérie 30 000 ha dans les atlas tellien et saharien (Addar, 2016)

En Algérie l'air potentiel de l'espèce pourrait s'étendre à tout l'atlas frais et froid, là où les précipitations et les brouillards printanier abondante (Maire, 1926). Cependant le cèdre l'atlas, est actuellement très vulnérable en Algérie voir menacé de disparition, en raison de son habitat très morcelé (Ezzahiri et *al* ; 1994, Quézel, 1998 ; Bentouati, 2008).

Le principe de base de la dendrochronologie repose sur l'utilisation des différentes propriétés des anneaux de croissance des arbres pour reconstituer l'historique des changements environnementaux et leurs phénomènes associés (Touchan et Hughes, 2000).

En Afrique du nord, seul le Maroc possède un riche historique en dendrochronologie, tandis qu'en Algérie elle est relativement récente. Les études dans ce domaine sont rares et la plupart se limite à l'analyse de la relation cerne-climat (Slimani, 2014).

Notre travail s'inscrit dans le contexte global des études dendrochronologique du cèdre de l'atlas qui consiste à mettre en évidence la relation existante entre la croissance radiale et le climat d'une part et d'autres parts avec les conditions stationnelles

Le présent travail est mené dans la cédraie de Thala-Guilef avec des techniques de la dendrochronologie et une stratégie d'échantillonnage adéquate à ce genre d'étude. Il est scindé en cinq chapitres :

- Description du l'espèce
- Description de la discipline dendrochronologie
- Description de la zone d'étude
- Méthodologie du travail
- Résultats et discussion

Chapitre 01 :
Description de l'espèce

1. Description de l'espèce

1.1- Historique du genre *Cedrus*

Le cèdre est une essence de montagne, elle occupe des surfaces d'importance inégale et forme, spontanément, trois blocs géographiques distincts : Afrique du Nord, Asie mineure et Himalaya (M'Hirit, 1999).

Les cèdres sont des conifères natifs de l'Ouest de l'Himalaya et de la région méditerranéenne : ils se localisent à des altitudes allant de 1500 à 3200 m à l'Himalaya et de 1000 à 2200 m en Méditerranée (M'Hirit, 1999).

Le genre *Cedrus* Link (1841) qui fait partie des Pinacées est le plus ancien, après celui de *Pinus* (Gaussen, 1964). Il s'est réfugié en Méditerranée orientale depuis plus de 23 millions d'années (Biltekin & al., 2015). Certains auteurs comme Holmbe (1931), Maire (1952) et Davis (1965) cités par Quezel (1980) ont intégré ce taxon dans une seule espèce : *Cedrus libani* Link. Plusieurs auteurs comme Arbez *et al* (1978), Quezel (1980), Barriteau et Fernandez (1992) l'ont classé en 4 espèces différentes :

- Le cèdre de l'Atlas ou *Cedrus atlantica* (Manetti) : endémique des montagnes nord africaines ;
- Le cèdre du Liban ou *Cedrus libani* (Barrel) : présent au Liban, Syrie et en Turquie. Il occupe plus de 500 000 Ha répartis essentiellement sur les montagnes de Taurus et de L'Amanus en Turquie (Quezel, 1980).
- Le cèdre de Chypre ou *Cedrus brevifolia* (Henry) : il ne couvre que quelques dizaines d'hectares dans l'île de Chypre, dont il occupe les crêtes occidentales du mont Troods (Quezel, 1980) ;
- Le cèdre de l'Himalaya ou *Cedrus deodara* (Loudon) : le plus répandu, il peuple une partie de l'Inde, de l'Afghanistan et du Népal (Toth, 2005).

D'après Bou Dagher-Kharrat *et al.* (2007), le cèdre de l'Himalaya *Cedrus deodara* est une espèce ancestrale, qui avait divergé en deux lignées, *Cedrus libani* et *Cedrus brevifolia* avant la divergence de *Cedrus atlantica*, l'espèce nord-africaine, il y'a environ 8 millions d'années (Qiao & al., 2007). Les données polliniques confirment la présence du genre *Cedrus* au Maroc depuis la période messénienne (environ 7-5 Ma) et tout au long du Pliocène et du Pléistocène (Feddi & al., 2011; Magri, 2012). Les récentes conclusions de la phylogénie

moléculaire font une nette distinction entre les deux espèces pourtant voisines, le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban (Qiao & al., 2007).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence montagnarde, endémique à l'état spontané des montagnes du Maghreb. Elle représente par excellence l'essence noble des forêts marocaines et algériennes (Quézel, 1998). En effet, la cédraie est très intéressante pour ses nombreuses qualités forestières et ornementales, sa faible inflammabilité, sa rusticité, sa plasticité et sa richesse écologique (Fabre, 1976 ; Toth, 1980; Arbez & al., 1978).

1.2- Systématique de genre *Cedrus*

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophytes

Sous-embranchement : Gymnospermes

Classe : Vectrices

Ordre : Coniférales

Famille : Pinacées

Sous Famille : Abiétacées

Genre : *Cedrus*

1.3- Caractéristiques générales du cèdre de l'Atlas

1.3.1- Caractéristiques botaniques

La spécificité du cèdre de l'Atlas en plus des caractéristiques du genre *Cedrus* que nous avons évoquées réside dans les points ci-après :

a- Port

Arbre de grande taille pouvant atteindre 40 mètres de hauteur (Boudy, 1950 ; Toth, 1990) jusqu'à 60 mètres dans les conditions écologiques les plus favorables (Debazac, 1964; Abdessamed, 2010), avec une moyenne de taille entre 25 et 30 mètres vers 70 à 80 ans (Boudy, 1950). La cime est conique pyramidale à l'état jeune, et devient tabulaire avec le vieillissement de l'arbre (Boudy, 1952).

b- L'écorce

L'écorce est épaisse, rugueuse de couleur noirâtre (M'Hirit, 2006)

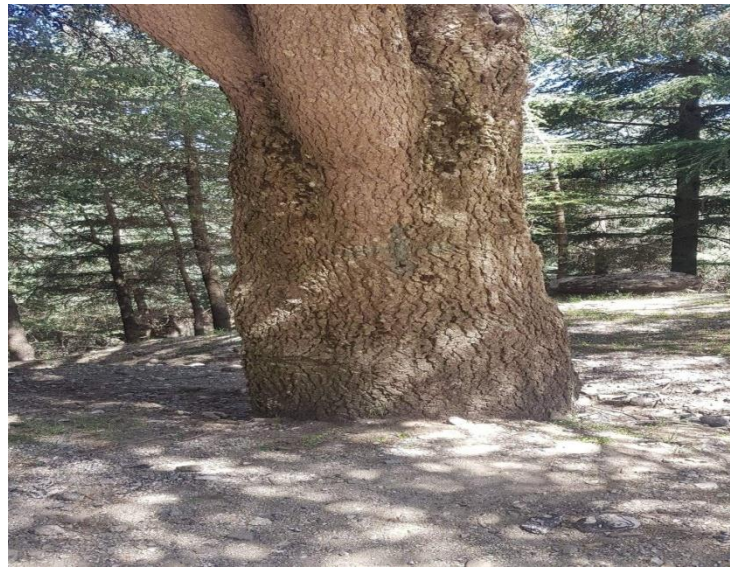


Figure 1 : écorce du cèdre de l'atlas

c- Feuilles

Les feuilles ont des formes d'aiguilles persistantes (durent généralement 3ans), peu aigues, raides et fines. Elles ont une couleur verte ou glauque M'Hirit (2006) in Amirat (2016). Selon Boudy (1952), la longueur des feuilles est comprise entre 1 et 2 cm, par ailleurs Debazac (1964) in Amirat (2016) estime que leur longueur est de 25 mm en moyenne. Tandis que l'étude faite par Krouchi en 2010, à la cédraie de Tala Guilef (Djurdjura), sur deux échantillons (l'un de 30 arbres et l'autre 79), a révélé une mesure moyenne de 18 mm.



Figure2 : feuilles du cèdre de l'atlas

d- Système racinaire

Bien développé et rarement pivotant mais la stabilité de l'arbre est assurée (Boudy, 1952). Les racines obliques sont très fortes et occupent les sols profonds et humides (Toth, 1970). La profondeur racinaire est comprise entre 14 et 20 cm au bout d'une année pour les nouveaux plants (Toth, 1978).

e- Organes reproducteurs

Le cèdre de l'Atlas est une espèce monoïque, les inflorescences mâles (fleur mâle) sont des chatons solitaires, cylindriques et dressés vers le ciel. De couleur jaune verdâtre, elles sont de 4 à 5 cm de longueur et approximativement de 1 cm de largeur au stade de maturité. Ils apparaissent généralement à mi-juin et achèvent leur maturité vers la mi-septembre (Jacamon, 1987 ; Derridj, 1990 ; Toth, 2005).

Pour les inflorescences femelles (fleur femelle), elles sont des chatons ovoïdes dressées, de couleur vert bleuâtres, elles mesurent 1 cm de longueur et quelques millimètres de diamètre, apparaissent trois mois après les chatons mâles et se développent en cônes (Jacamon, 1987 ; Derridj, 1990 ; Toth, 2005).

La pollinisation du cèdre de l'atlas est anémophile (Arbez & al., 1978)

f- Fruits

Bien que la première fructification s'opère en général vers 25 ans, ce délai peut toutefois être réduit à 18 ans dans des stations favorables (Derridj, 1990 ; Toth, 2005).

La deuxième fructification s'opère entre 35 et 40 ans. Son abondance n'est constatée qu'à l'âge de 60 ans (Azzouni, 1980). Après la floraison, la durée de maturation des cônes est de 2 ans. Ces cônes sont longs de 5 à 8 cm et parfois atteignent au plus 10 cm, de couleur brune violacée (Quezel & Santa, 1962). Les mesures des cônes des cédraies algériennes sont en moyenne de 6.28 cm de long et de 5.17 cm de diamètre avec un poids moyen de 55.83g (Derridj, 1990).

Le cycle de reproduction du cèdre est intermédiaire entre celui de deux ans (le plus habituel chez les conifères et les feuillus) et de celui de trois ans (le plus remarqué chez le genre *Pinus*), mais ce cycle peut se prolonger jusqu'à quatre ans dans certaines conditions (Derridj, 1990 ; Ezzahiri et Belghazi, 2000 ; Toth, 2005).

Toth (1973) indique que le plus grand nombre de cônes aux graines fertiles sont portées par les vieux cèdres.



Figure 3 : cône du cèdre de l'atlas.

g- Graines

Les graines sont d'une forme triangulaire, dont la longueur est de 10 à 15 mm, empreintes d'une couleur marron roux et munies de larges ailes, tendres et enveloppées d'une pellicule résineuse protectrice (Azzouni, 1980). Ces graines sont logées dans une dépression à la face supérieure de l'échelle (Boudy, 1952)

h- Longévité

D'après Touchan (2008), le cèdre de l'atlas peut survivre plus de 900 ans; voir 1000 ans et plus (Boudy, 1950 ; Chbouki, 1994). M'Hirit (2006) note qu'il y a des sujets mesurés qui datent plus de 1200 ans dans le moyen atlas. Le cèdre de l'Atlas peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (Boudy, 1952).

i- Bourgeons

Les bourgeons du cèdre de l'Atlas sont petits de couleur grise jaunâtre (Amirat, 2016).

j- Bois

Le bois est blanc à l'état d'aubier, sa couleur tend à changer en brun jaunâtre en vieillissant. Il est aussi dépourvu de canaux résinifères (Ellatifi, 1994).

1.3.2- Cycle de reproduction

La floraison s'effectue à partir de la mi-septembre et peut durer jusqu'au mois d'octobre (Ezzahiri et Belghazi, 2000). Après pollinisation (Septembre-Octobre), où les grains de pollen libérés sont munis de deux ballonnets d'air permettant leur dispersion à des distances très importantes (Aidrous, 2007).

La fécondation ne s'effectue pas immédiatement après la pollinisation ; il y'a un décalage de huit mois entre ces deux stades (Kheddache, 2005). La fécondation des ovules par les grains de pollen et la croissance des connêlets se déroulent tout au long de la deuxième année (Toth, 1978 ; Derridj, 1990).

La désarticulation naturelle qui termine le cycle de reproduction connaît son aboutissement avec la dissémination des graines (Aidrout, 2007).

Le cycle de reproduction de *Cedrus atlantica* est intermédiaire entre le cycle de deux ans et le cycle de trois ans (Derridj, 1990 ; Toth, 2005).

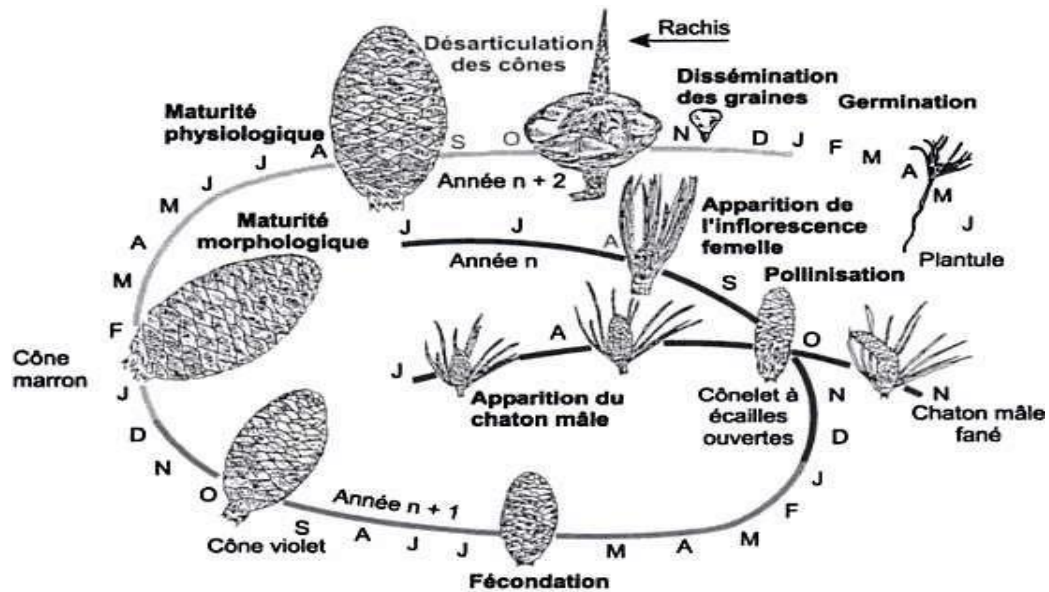


Figure 4 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Toth, 2001 in Philippe & al., 2006).

1.4- Aires de répartition :

1.4.1- Aire naturelle :

Le cèdre de l'Atlas est localisé sur les montagnes du Maghreb (Fig.5). Le Maroc détient à lui seul la plus grande surface, couvrant environ 116 000 ha, répartie sur deux blocs d'inégale importance : le premier dans le moyen Atlas et le grand Atlas oriental avec une superficie de 100 000 ha, le second dans le Rif occidental et central, avec une superficie d'environ 16 000 ha, (M'Hirit, 1982 ; Yahi, 2007). En Algérie, la surface couverte par le cèdre est très restreinte et son aire est disjointe, beaucoup plus réduite qu'au Maroc. Elle est d'environ **30 000 ha** (Nedjahi, 1988), les cédraies algériennes s'organisent en îlots (Quézel, 1998).

Les cédraies humides sont localisées sur les montagnes littorales bien arrosées (Babors, Djurdjura, Atlas Blidéen, Ouarsenis), les cédraies sèches occupent les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien, les cédraies de Aurès et de Belezma, qui couvrent environ 17 000 ha, réparties entre les massifs de l'est, du Chélia, S'gag, Aidel, Ouled yacoub et du Belezma, à de l'ouest, avec les massifs de Maadid, Boutaleb et Guetiane (Hodna) (Nedjahi, 1988 ; Yahi, 2007)

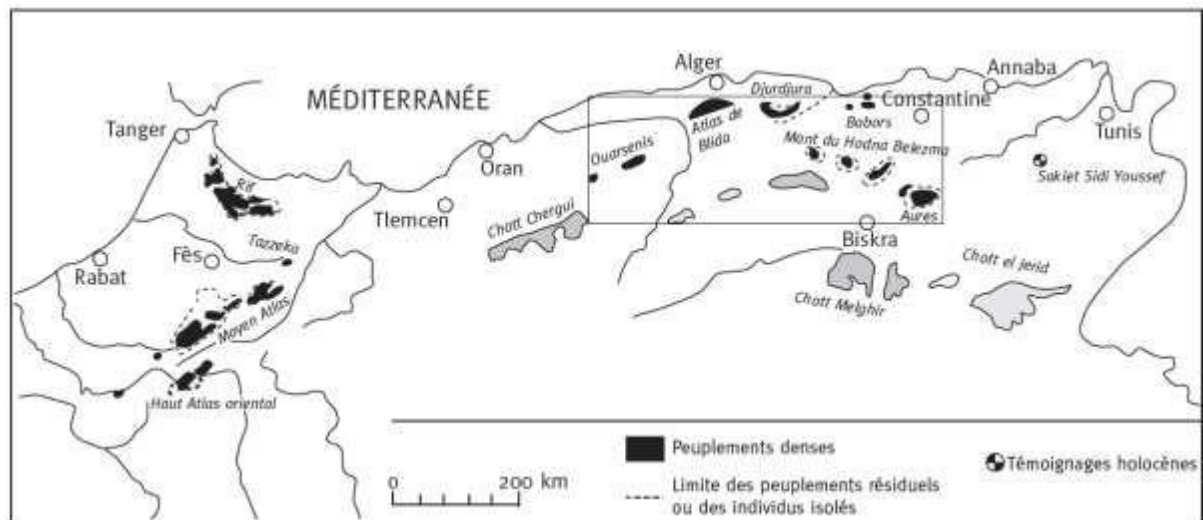


Figure 5 : Aire de répartition de *Cedrus atlantica* Manetti (Yahi et Djellouli, 2010).

1.4.2- Aire d'introduction :

Le cèdre de l'Atlas a été employé d'abord comme espèce ornementale et ensuite comme espèce de reboisement dans les pays circumméditerranéens. On cite les dates de son introduction : il a été introduit en France (sur le mont Ventoux) en 1862, en Italie en 1864, en Bulgarie en 1890 (M'Hirit, 1982). Son introduction à titre expérimental dans plusieurs pays a savoir : la Yougoslavie, l'Espagne, le Portugal, l'Angleterre et la Belgique (Nedjahi, 1988). Il a été introduit comme espèce de reboisement même en dehors des pays du pourtour méditerranéen. Aux ex-U.R.S.S en 1890 et aux U.S.A il est parfaitement adapté et fait actuellement l'objet de vastes projets de reboisement (Nedjahi, 1988 ; M'Hirit, 1994).

1.5- Facteurs de répartition :

Divers facteurs, climatiques, géologiques, humains, nous paraissent régir la distribution actuelle des cédraies (Faurel & Laffitte, 1949).

a- L'altitude :

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 (Amirat 2016)

Les cédraies sont strictement confinées aux hautes altitudes : le cèdre est ici, comme d'ailleurs dans toute l'Afrique du Nord, un montagnard exclusif (Faurel & Laffitte, 1949). Les limites altitudinales inférieures et supérieures du cèdre de l'Atlas diffèrent d'une cédraie à l'autre, il apparaît entre 1400 et 1500 mètres en versant nord et à partir de 1600 mètres en versant Sud (Abdessemed, 1981) ; mais il peut descendre plus bas (jusqu'à 900 - 1 000 m) le

long des ravins où existent des conditions pédologiques et microclimatiques propices (Harfouche & Nedjahi, 2003).

La limite inférieure est fonction de la plus ou moins grande humidité de la station. Au Djurdjura, on le retrouve à l'état d'individus isolé à partir de 900 m à basse altitude et à plus de 2150 m en haute altitude sur les sommets du mont de Hizer. Sa présence dans l'étage méso- méditerranéen jusqu'à 800 m dans les expositions Nord, Nord-est, Nord-ouest se fait sous forme de peuplement clairsemés en mélange avec d'autre feuillus (Nedjahi, 1988).

En dehors de leur aire naturelle, des cédraies artificielles du sud la France (Mont Ventoux) à titre d'exemple, se comportent idéalement à des altitudes de 300 à 800 m (Sabatier et al, 2003).

b- Exposition :

L'exposition joue un rôle très important dans la répartition des précipitations et des températures, en effet, les versants Nord sont plus humides par rapport aux versants Sud. On rencontre de ce fait 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, 1938)

En Algérie comme au Maroc, les vents humides sont de direction Nord et Nord-Ouest. Ainsi, les expositions faisant face à ces vents sont plus arrosées et portent les plus belles cédraies (Amirat, 2016).

c- Climats :

Parmi les divers facteurs climatiques c'est l'humidité, sous ses diverses formes (pluies, neige, brouillards, condensations occultes, etc.), qui joue le rôle le plus important dans la répartition des cédraies (Amirat 2016)

Le cèdre de l'Atlas pourrait être considéré comme une essence de climat de transition ; on peut la trouver dans les climats froids et humides, et les climats chauds et secs (Aussenac, 1984), son aire est associée au climat méditerranéen. Il se trouve dans divers étages bioclimatiques :

- Semi-aride à hiver froid et humide : Djebel Azreg.
- Subhumide à hiver froid : Belezma, Chelia et S'gag.
- Humide à hiver froid : Djurdjura, Theniet El Had, Babors et Chréa (Amirat 2016)

La température est un facteur très important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux sur la surface du globe. Le

cèdre résiste à des extrêmes de températures pouvant aller de -20°C à $+39^{\circ}\text{C}$ (Amirat 2016). Il peut également résister à de très basses températures (-25°C) (Nedjahi, 1988).

Pour les précipitations, Lanier (1986), signale qu'une pluviométrie de 700 à 900 mm est un optimum, dans une fourchette de 450 à 1500mm, à condition qu'au moins le quart des précipitations se produisent au printemps jusqu'en début d'été.

Les cédraies sèches des Aurès et des Hodna ne reçoivent qu'une tranche pluviométrique comprise entre 500 et 700mm/an. Celle du Djurdjura, des Babors, l'Ouarsenis et Chréa plus humides, recevant 1100 à 2100mm/an (Derridj, 1990).

Le vent est un facteur climatique important qui intervient dans la pollinisation, la dissémination des graines du cèdre et contribue à l'arrosage des cédraies en y véhiculant les nuages chargés d'humidité. Cette dernière est assurée en grande partie par les vents du Nord et du Nord-Ouest (Nait Abdelaziz et Challal, 2011).

L'enneigement, qui est la couverture du sol par la neige, constitue un potentiel hydrique important pour le sol et cette importance augmente avec la persistance du couvert neigeux (Amirat 2016).

Le gel est provoqué par un abaissement brutal et excessif de la température, il a des effets négatifs sur le développement et la croissance végétale. Cependant, il contribue à la désarticulation des cônes et donc à la dissémination des graines de cèdre (Amirat 2016).

d- Substrat :

L'originalité du cèdre de l'Atlas réside, tout particulièrement dans sa rusticité et son indifférence à la nature lithologique du sol. Le cèdre se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des basaltes, de la dolérite, 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 (Amirat 2016).

Selon Lanier (1986), les cèdres sont assez indifférents au Ph du sol, entre 4 et 8. Ils acceptent tous types de terrains à l'exception des sols asphyxiants et mal drainés. Les sols trop argileux ne leur conviennent guère. Dans les zones plus chaudes et en basse altitude, les cèdres ne viennent convenablement que sur des substrats profonds et très fissurés leurs assurant un accès rapide aux réserves en eau.

Les facteurs édaphiques comme la nature du substrat, la texture et la profondeur jouent un rôle déterminant dans le renouvellement du cèdre. D'après Lepoutre (1964), l'influence de ces facteurs varie selon le climat ; plus le climat est sec, plus l'influence du sol est grande.

Si le cèdre est indifférent à la nature chimique du sol, il est cependant exigeant du point de vue qualité physique des sols, il joue un rôle plus déterminant : sols meubles, perméables, profonds, caillouteux (Toth, 1970).

Sur le plan géologique, les cédraies algériennes reposent sur des alluvions marneuses à basse altitude et des calcaires et grès sur les parties centrales et en haute altitude (Bentouati, 1999).

e- Facteur humain

L'action destructrice de l'homme et de ses troupeaux sévit avec intensité dans l'étage du cèdre. Juste après les fontes des neiges les usagers de la cédraie introduisent plusieurs milliers de têtes ovines, bovines et caprines tassant ainsi le sol, broutant et saccageant toutes les tâches de semis, ce phénomène limite alors le renouvellement de la cédraie (Amirat 2016).

Le problème devient encore plus aigu en période de sécheresse et en hiver où l'écimage et l'ébranchage sont couramment pratiqués, facilitant ainsi les attaques d'insectes et de champignons. Le cèdre s'affaiblit et trouve des difficultés à fructifier et à se maintenir (Amirat 2016).

1.6- Perturbations et ennemis du cèdre de l'Atlas

Pour les perturbations Barbero et *al.* (2001), distinguent trois grands types qui opèrent à différentes échelles spatio-temporelles :

- les perturbations localisées, comme les chablis, sont responsables des micro hétérogénéités des peuplements ;
- les perturbations induites par la faune, notamment les grands vertébrés herbivores, ont joué un rôle déterminant, et longtemps méconnu, dans les processus de "dynamique des taches" ;
- les grandes perturbations abiotiques (incendies, tempêtes, inondations), qui se déroulent ordinairement sur des pas de temps assez longs, aboutissent à des transformations plus nettes dans le paysage forestier et à de profondes discontinuités dans l'organisation des peuplements, accélérées par les impacts anthropiques accrus.

Le cèdre de l'Atlas est sujet aux attaques d'un certain nombre d'insectes xylophages appartenant aux ordres des Coléoptères (*Buprestidae*, *Scolytidae*, *Cerambycidae*, *Bostrychidae*) et des Hyménoptères (*Siricidae*) (Fabre, 1999), en plus des insectes phyllophages (processionnaires et tordeuses) (Benhalima, 2006). Ce dernier auteur ajoute que les processionnaires pouvant s'attaquer au cèdre sont *Thaumetopoea bonjeani* et *Thaumetopoea pityocampa*. La première vit exclusivement sur le cèdre et appartient au

groupe des « processionnaires d'été » car elle effectue son développement larvaire du début du printemps au début d'été. La deuxième, appelée aussi processionnaire du pin, appartient au groupe des « processionnaires d'hiver » car elle effectue son développement larvaire de la fin d'été jusqu'au printemps suivant en s'abritant dans une sorte de bourse soyeuse blanche appelée « nid d'hiver ».



Figure 6 : chenille processionnaire.

Abourouh et Morelet (1999), ont présenté un inventaire, des champignons parasites recensés sur le Cèdre de l'Atlas, en Afrique du Nord et en France, durant 30 ans, les auteurs soulignent que parmi les 44 espèces recensées, il y'a : 21 Deutéromycètes, 10 Ascomycètes, 9 Basidiomycètes, 2 Oomycètes et 2 Zygomycètes, qui sont regroupées par types d'organes attaqués (tronc, rameaux, aiguilles, cônes, graines, semis ou jeunes plants).

Ces deux auteurs ont conclu qu'au Maroc, c'est essentiellement la pourriture du bois de cœur des sujets adultes, et les agents de "fonte de semis " en pépinière, qui provoquent des dégâts considérables, et qu'en France, au contraire, la situation sanitaire est relativement satisfaisante, bien que l'extension des superficies de l'essence puisse changer la situation à l'avenir.



Figure 7 : arbre mort par une attaque parasitaire.

Le Singe Magot (*Macacasyllvanus*) provoque aussi parfois des dégâts sur le cèdre en écorçant les arbres et en se nourrissant des nouvelles pousses de l'année (Amirat 2016).

1.7- Importance du cèdre de l'Atlas et des cédraies

Le cèdre est vénéré depuis la plus haute antiquité, non seulement pour son utilisation, mais aussi sa vigueur et sa longévité, il est un symbole de majesté et de force. Son bois est caractérisé par sa durabilité naturelle très élevée et par son odeur aromatique marquée et persistante par rapport à celle des autres résineux à l'exception de l'if et du thuya (Azzouz et Keller 1998) ; par sa résistance à la compression, sa bonne production de bois ainsi que son attrait paysager (Benhalima, 2006).

Les cédraies jouent un rôle socioéconomique très important (source de bois d'œuvre, de bois de chauffage, protection des sols...), sans compter les nombreux produits qui sont tirés du bois de cèdre (goudron, diverses essences employées en pharmacie et en parfumerie, etc.) (Amirat 2016).

La facilité d'adaptation du cèdre de l'Atlas aux conditions relativement difficiles, sa rusticité, sa résistance aux incendies comme la qualité technologique de son bois en font une essence de base pour la reconstitution et la revalorisation de forêts improductives ou dégradées, plus particulièrement hors de son aire (Benhalima, 2006).

Toth (1980), signale que cette essence est capable de satisfaire plusieurs rôles à la fois en l'occurrence la protection et l'amélioration du sol ; l'élimination de la végétation herbacée (très inflammable en région méditerranéenne) ; la production du bois de valeur et des huiles (utilisées à des fins thérapeutiques et esthétiques) et surtout d'offrir une esthétique forte appréciable pour l'environnement.

Le cèdre est utilisé depuis des siècles pour la charpente et la menuiserie extérieure et intérieure. Le bois du cèdre est utilisé aussi en ébénisterie. Les Marocains l'apprécient beaucoup surtout dans la fabrication des meubles rustiques et des accessoires décoratifs, sa renommée est due, en dehors de la qualité de son bois, à son odeur caractéristique et sa résistance aux attaques des insectes et champignons (Amirat 2016).

Le bois de cèdre a été utilisé aussi pour la fabrication des crayons et des poteaux de lignes téléphoniques ou électriques (Amirat 2016).

En ce qui concerne les produits secondaires, la résine et l'huile de cèdres, étaient très recherchées dans l'antiquité. (Toth, 1990 *in* Azzouzi et Keller, 1998).

A cause de son odeur, le bois du cèdre de l'Atlas est déconseillé pour la fabrication des rayonnages et des emballages de produits alimentaires (Azzouzi et Keller 1998).

Chapitre 02 :
Description de la discipline dendrochronologie

2.1- Aperçu sur le plan ligneux

Le bois est un ensemble de tissus de consistance plus ou moins dure formant la masse principale du tronc des arbres, c'est un matériau organisé et hétérogène dont la formation s'est étendue sur de nombreuses années (Detienne, 1988).

2.2- Le cerne ligneux :

Dans ce travail, on s'intéresse aux cernes facilement observables sur la section transversale. Le cerne résulte de l'activité du méristème secondaire, appelé le cambium, il est défini comme étant la quantité de bois produite pendant la saison de végétation. En section transversale, il correspond à la couche d'accroissement dans le bois, il est aussi appelé : anneau ligneux, anneau de croissance, couche annuelle (Venet, 1974 in Ghellab, 1991).

L'ensemble des cellules lignifiées en cours d'une année constitue à proprement parler le cerne ligneux (Serre, 1973).

Le cambium est situé entre le xylème et le liber (phloème) et qui leur donne naissance. L'activité cambiale est schématisée par la (fig. 8).

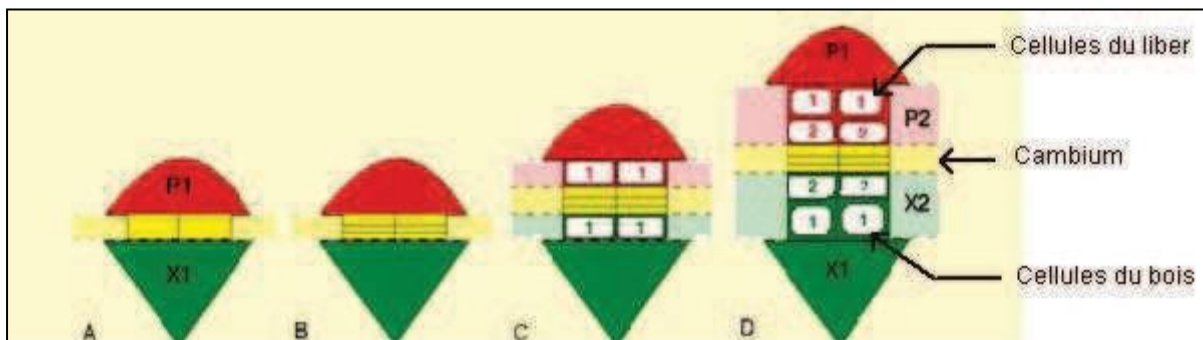


Figure 8: Schéma illustrant le fonctionnement du cambium.

Le cerne est considéré comme le matériel de base en dendrochronologie (Trenard, 1978). C'est un élément dateur et enregistreur (Serre, 1973) et il permet de mettre en évidence la propriété dont dispose les arbres pour modifier leur croissance annuelle en réponse à des facteurs très divers, notamment climatiques (Fritts, 1976).

2.2.1- Structure du cerne

Une coupe mince, pratiquée dans un tronc perpendiculaire au fil du bois, montre au microscope, outre des rayons ligneux, une sorte de passoire à bandes parallèles constituées alternativement de gros et de petits vaisseaux. Ces vides correspondent aux conduits empruntés par la sève brute. Cette frange de gros vaisseaux correspond au bois de printemps

(bois initial) et la frange de vaisseaux fins représentant le bois d'été (bois final). Il y a une transition (t) plus ou moins lente entre ces deux franges, par contre, le passage au cerne suivant est rigoureusement tranché par la différence de densité entre le bois final de l'année (t-1) et le bois initial de l'année (t) (fig.9) (DE Martin, 1974).

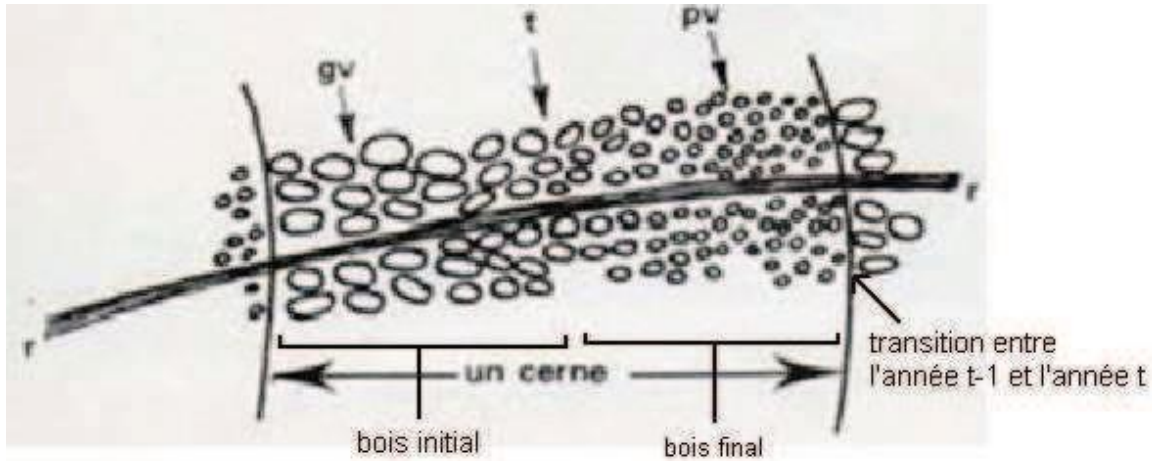


Figure 9 : Coupe schématique transversale d'un cerne

2.2.2- Formation du cerne

La formation annuelle des cernes dépend de l'existence d'un rythme saisonnier faisant alterner de façon annuelle les périodes d'activité et de repos de l'activité cambiale. (Munaut, 1985 in Meddour H., 1992). Comme cité précédemment, le cerne résulte de l'activité cambiale. Cette dernière est discontinue dans le temps et chaque couche de bois élaborée entre deux périodes de repos s'individualise et apparaît en coupe transversale sous forme d'un anneau ou cerne de croissance. Si une période d'activité et une période de repos alternent au cours d'une même année, le cerne est annuel (Munaut, 1978 in Meddour, 1992).

En région méditerranéenne, où le climat est contrasté (individualisation de deux saisons bien distinctes) l'activité cambiale obéit à un rythme saisonnier.

2.3- Inter-datation :

Le principe fondamental de cet inter datation repose sur existence d'années caractéristiques auxquelles correspondent des conditions de croissance remarquable (Lebourgeois et Merian, 2012). C'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 réelle d'élaboration (Douglass, 1939; Cropper, 1979; Schweingruber, 1986; Schweingruber & al., 1989; Grissino-Mayer, 2001; Bunn, 2010 in Lebourgeois & Merian, 2012).

L'interdatation permet, en outre, de détecter certaines anomalies pouvant se produire au cours de la formation des cernes. En particulier, sur certaines carottes, la présence d'une zone à cernes très minces réduite à une seule rangée de pores constitue une réelle difficulté au niveau du comptage des cernes (Messaoudene, 1989).

2.4- La croissance radiale :

Dans les régions tempérées où le climat est considéré comme un facteur limitant sur la croissance, les arbres produisent chaque année un cerne annuel du bois au cours de la période végétative (De martin, 1974 in Sarmoum, 2006).

Le passage d'une année à une autre, d'un bois d'été à un bois de printemps est caractérisé par sa brutalité, ceci permet d'individualiser chaque cerne et définir sa datation précise (Demartin, 1974 in Sarmoum, 2008).

Plusieurs facteurs inter-agissent dans la largeur du cerne d'un arbre. Ces facteurs sont catalogués en trois catégories à savoir : Le facteur spécifique et potentiel génétique (endogène), l'environnement biotique (compétition au sein du peuplement, parasites et agents pathogènes) et l'environnement abiotique dont l'intervenant principal est le climat (Alileche, 2012).

La structure et la largeur du cerne peuvent à cet effet être des indicateurs de changement qui renseignent sur l'environnement autour de l'arbre (Fritts, 1976).

2.5- Anomalies de croissance des cernes :

- Cerne double (faux-cerne) ou cernes supplémentaires : Il résulte de la présence d'un stress environnemental ponctuel qui bloque l'activité cambiale, qui reprend au cours de la même année (Alilech, 2012) ;
- Cerne manquant : C'est un phénomène où le cambium peut rester inactif sans former des cernes pendant les conditions de croissance difficile, souvent observé chez les arbres âgés, stressés par la sécheresse ou défoliés par les insectes (Alileche, 2012) ;
- Cerne incomplet : Dans ce cas, le cambium est inactif sur une partie de la circonférence et la couche formée apparaît tel un croissant (Kramert et Kozolowski, 1979).

2.6 - Définition de la dendrochronologie « Dendro » : arbre, « chronos » : temps et « logos » : science : elle est définie comme la science qui repose sur l'étude de la variation d'épaisseur des cernes du bois, dans le but d'établir une datation des objets en bois (Dumas, 2002).

C'est l'étude, au moyen des cernes de croissance des arbres, des relations que ceux-ci entretiennent avec leur environnement dans le but de mieux connaître les processus écologiques et les phénomènes environnementaux tels les incendies de forêt, les épidémies d'insectes, la pollution et les changements climatiques. C'est une analyse rétrospective de la croissance radiale (Lebourgeois & al., 1995).

La définition restreinte de la dendrochronologie : « Science qui étudie la variation d'épaisseur des cernes du bois afin d'établir une datation des objets en bois » (Dumas, 2000)

2.7- Les domaines d'étude de la dendrochronologie

La dendrochronologie est une science qui repose sur la mesure des largeurs des cernes annuels de croissance et sur leur datation précise. A l'heure actuelle, sous le terme dendrochronologie sont regroupées toutes les disciplines qui utilisent directement ou indirectement l'information « date » contenue dans une série chronologique de cernes.

Tableau 1 : Différentes disciplines de la dendrochronologie et ses applications (Lebourgeois et Merian, 2012)

Domaine	Discipline	Applications
Écologie	Dendroécologie	Historique des feux, dépérissement des forêts, dynamique et croissance...
Climatologie	Dendroclimatologie	Périodes de froid et de sécheresse, reconstruction du climat passé, analyse du climat présent...
Géologie	Dendrogéomorphologie	Éruptions volcaniques...
Anthropologie	Dendroarchéologie Dendroglaciologie	Datation des constructions anciennes, arbres fossiles, monuments historiques...

D'abord principalement utilisé dans des disciplines telles que l'archéologie ou la climatologie pour la datation précise d'arbres « fossiles » ou la reconstruction du climat passé, cet outil est de plus en plus utilisé pour étudier l'environnement et détecter ses changements. Ainsi, la dendroécologie, qui utilise des largeurs de cernes comme proxy pour analyser l'influence de l'environnement sur la croissance et la dynamique des forêts, est une discipline récente de la dendrochronologie (environ 40 ans) et en plein essor dans le contexte actuel d'instabilité environnementale. Cette approche a d'ailleurs été essentielle dans la compréhension des dépérissements forestiers observés dans les années 1990 aussi bien en Europe qu'en Amérique du Nord (Lebourgeois et Merian, 2012)

2.8- Principes fondamentaux de la dendrochronologie

Douglass (1937) cité par Trenard (1978) définit deux principes :

Le premier de ces principes est qu'aux conditions climatiques semblables qui s'étendent à l'intérieur d'une région, les arbres donnent une réponse identique inscrite dans la quantité de bois formé. En d'autres termes, il existe une similitude des variations des largeurs des cernes, et notamment des valeurs maximales et minimales, à l'intérieur d'un peuplement.

Le second principe ressort de la mise en évidence de points de repère, de "signatures" qui consistent en série remarquable, et qui permettent de raccorder les uns aux autres des bois d'âge différent par superposition ou "pontage" de leurs parties communes. Par l'utilisation de ces recoupements chronologiques, il est possible de dater des bois ayant vécu à des époques de plus en plus reculées. Elargissant cette notion de série remarquable, cela conduit à l'affirmation que les variations d'épaisseur des cernes se succèdent en formant de suites non reproductibles à travers les siècles.

2.9- Exigences de base de la dendrochronologie (limites et principes)

Selon Munaut (1979) cité par Ghellab (1991), lors d'une étude dendrochronologique, il faut avoir une série de principes à respecter à savoir :

La formation du cerne est annuelle avec une alternance au sein de l'activité cambiale régie par un ensemble de facteurs climatiques.

Le caractère fluctuant de l'épaisseur du cerne, dû au changement des facteurs du milieu, variables d'une année à l'autre. L'arbre peut être soumis soit à des facteurs stationnels (exposition, substrat, altitude... etc.) soit à des facteurs purement climatiques.

Les variations d'épaisseurs des cernes se succèdent en formant des chronologies non reproductibles dans le temps, ceci touche surtout un intervalle chronologique suffisamment long.

Les individus d'une même espèce présents dans un même site, subissent une action identique des influences climatiques.

2.10- Utilisation et domaines de pratique de la dendrochronologie

Aux Etats-Unis, à partir de courbes représentant l'épaisseur du cerne en fonction de l'année de sa formation pour diverses essences, M. Douglass parvient à dater de nombreuses poutres à des fins archéologiques

En exploitant la sensibilité à la sécheresse de plusieurs conifères, Fritts et Schulman (1951) ont pu suivre avec précision les variations de l'aridité dans l'ouest des Etats-Unis depuis le premier siècle.

Par la capacité d'analyser un bois même carbonisé, les chercheurs peuvent suivre la migration et la dynamique des populations dans l'antiquité.

En analysant l'épaisseur des cernes et les données climatiques exhaustives, on peut mettre en évidence le facteur déterminant de la croissance des arbres, à titre d'exemple, la croissance radiale des arbres à la limite nord est directement liée aux températures de juillet. (Slastad, 1961 ; Mikola, 1962 à De martin, 1974).

Alestalo (1967 *in* De Martin, 1974), énonce les principes de datation des transgressions et régressions marines lorsque la mer borde la forêt.

La dendrochronologie permet la datation des érections et des coulées volcaniques à partir de bois pétrifiées.

Elle apporte aussi de nombreuses informations sur l'environnement climatique, écologique et l'histoire de la région d'où est originaire le bois. Comme un livre d'histoire, le bois a consigné la trace des impacts humains sur la forêt.

➤ Quelques exemples

Feux de forêt : Au passage de feux de forêt, le cambium exposé à la chaleur du feu n'est parfois détruit que sur une partie de circonférence de l'arbre permettant à l'arbre de continuer sa croissance et menant à la formation d'une cicatrice de feux (Fig. 10) Chaque cicatrice permet de dater le passage d'un feu dans la région.

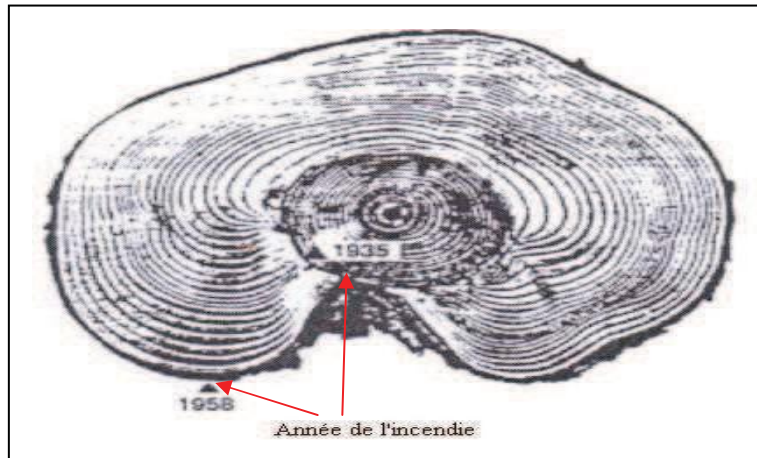


Figure 10 : Détermination de l'année de passage du feu (Schweingruber, 1988
à Ait aider et Announ, 2007)

Erosion de pentes, avalanche (bois de réaction) ; La formation de bois de réaction dans un arbre se produit lorsque le tronc d'arbre se trouve penché à un angle de la verticale, par exemple suite à l'érosion d'une pente ou à la poussée de la neige pendant une avalanche. Le bois de réaction des Gymnospermes est un bois de compression, c'est à dire que le bois de réaction est formé du côté aval du tronc afin de pousser l'arbre dans une position plus verticale (Fig. 11).

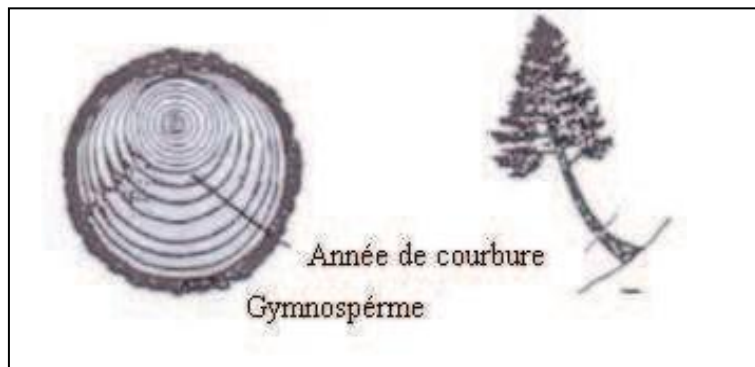


Figure 11 : Sens de formation du bois de compression (Fritts, 1979)

Épidémie d'insectes : Une défoliation de l'arbre se manifeste par l'élaboration d'un cerne étroit suite aux déséquilibres physiologiques causés par cette attaque.

Elagage, dépressage et autres opérations sylvicoles d'amélioration : L'arbre réagit à ces opérations par une meilleure activité cambiale en contrepartie d'une disponibilité des ressources ainsi il va manifester des cernes larges.

La méthode dendrochronologique est utilisée soit à des fins écologiques, soit à d'autres archéologiques, cette méthode a fait ses preuves dans :

- L'étude du comportement vis-à-vis des facteurs écologiques de différentes essences forestières en analysant les données de leur croissance annuelle.
- L'étude de l'évolution du climat.
- La datation des objets préhistoriques.
- Les erreurs à éviter en dendrochronologie

Le mauvais choix des essences : Le choix des essences sur lesquelles peut porter la dendrochronologie n'est limité que par l'assurance de la formation du cerne chaque année. Théoriquement, cela peut donc s'appliquer à toutes les essences résineuses et feuillues des régions à climat plus ou moins tempéré (Trenard, 1978). La plupart des arbres croissant dans les régions intertropicales ne montrent pas de cerne ou les cernes ne dépendent pas d'un rythme annuel. La dendrochronologie n'est pas applicable à ce type d'arbre.

L'analyse des courbes courtes : Au-delà de soixante cernes, le risque de synchronisation accidentelle devient à peu près nul. On fera donc bien de ne pas descendre au-dessous de cette valeur. En tout cas, la limite de quarante est impérative (De martin, 1974)

La télé connexion : Elle consiste à rapprocher des courbes de chronologie de référence éloignées.

Fritts estime qu'au Nord-ouest des États-Unis les chronologies sont utilisables dans un rayon variant de 300 à 1100 miles (480-1800 km). Cette élasticité peut paraître inquiétante, mais elle s'explique par les conditions climatiques, microclimatiques, orographiques et pédologiques locales (De martin, 1974).

Le bois de réaction : Le bois de réaction représente des caractères anatomiques plus ou moins distinctifs; il se forme typiquement dans les portions de tige penchées ou coudées et dans les branches; tout se passe comme si le végétal s'efforçait de reprendre une position normale en réagissant de la sorte (International Association of Wood Anatomists, 1964 à Jourez, 1997).

Le bois de réaction se distingue du bois normal par ses caractéristiques physiques et mécaniques particulières qui lui confèrent un comportement spécifique, il représente pour le végétale un mécanisme performant qui lui permet de s'adapter et de se développer harmonieusement dans un environnement en continuel changement, d'origine naturelle ou accidentelle.

Le bois de tension forme avec le bois de compression ce qu'il est convenu d'appeler le bois de réaction. Chez les gymnospermes, le bois de réaction est représenté par le bois de compression par contre chez les angiospermes, il est représenté par le bois de tension (Jourez, 1997), ce dernier se forme sur la face dorsale des tiges inclinées (partie supérieur) ou des branches, ce tissu exerce à cet endroit une force de traction longitudinale qui tend de redresser l'axe.

Chapitre 03 :
Description de la zone d'étude

3. description de la zone d'étude

3.1- Historique du Parc National de Djurdjura :

Le parc national de Djurdjura (PND) a été érigé durant la période coloniale en 1935, par l'arrêté gouvernemental du 18 septembre 1925 sur une superficie 16550 Ha. Après l'indépendance, Le PND a été créé officiellement suite au décret 83/460 du 23 Juillet 1983, sur sa superficie actuelle qui est de 18550 Ha. Le Parc National du Djurdjura est reconnu par l'UNESCO comme patrimoine mondial en 1992. Par la suite, à partir du 15 Décembre 1997, est classé réserve de la biosphère par l'UNESCO dans son programme MAB (Man And Biosphère) (Loukkas, 2006).

3.2- Localisation de la zone d'étude :

Tala Guilef en berbère signifie : source du sanglier et correspond à une source retrouvée dans cette forêt nommée ainsi par extension (krouchi, 2010).

La forêt de Tala Guilef est localisée entre les deux wilayas : Bouira au Sud et la daïra de Boghni (wilaya de Tizi-Ouzou) au Nord.

A Tala-Guilef la cédraie la plus dense et la plus importante se trouve de part et d'autre de la ligne de crête de Tala-Guilef (Draa Inguel) surtout sur le versant Nord suite à un déblaiement du sol lors de l'ouverture du chemin qui relie l'hôtel au restaurant d'altitude (Derridj, 1990).



Figure 12 : zone d'étude (Thala-Guilef).

D'après Quezel (1957) in Amirat (2016), le mont du Djurdjura est subdivisé en trois grands massifs :

- ✓ Le massif occidental de Hizer (2164m à Tachgagalt);

- ✓ Le massif central d'Akouker (2305 m à Ras Timedouine);
- ✓ Le massif oriental, Lalla Khedidja (2308 m).

Selon Abdelli (2011), Tala-Guilef comprend deux ensembles topographiques :

- ✓ La moyenne montagne dont l'altitude est comprise entre 900 et 1500m;
- ✓ La haute montagne qui débute à 1500 m et dont les sommets peuvent atteindre 2164m Djebel Thachgagalt.

3.3- Occupation des terres :

Selon les données du Parc National du Djurdjura, plusieurs unités physionomiques y sont présentes (PND, 2011).

- Les forêts : 5672 ha soit 30,58 % de la superficie du Parc.
- Les pelouses : 6907 ha soit 37,24 % de la superficie du Parc ;
- Les formations rupicoles : 93,4 ha soit 0,5 % de la superficie du Parc ;
- Les reboisements : 96,8 ha soit 0,52 % de la superficie du Parc ;
- Les cultures : 758,80 ha soit 4,10 % de la superficie du Parc ;
- Falaises et escarpements rocheux : 5021 ha soit 27,06 % de la superficie du Parc.

3.4- Description de la zone d'étude :

3.4.1- Géologie :

Belaid (1986) indique que le massif du Djurdjura est composé de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés dont l'âge et la nature sont très complexes. Le même auteur note que la roche mère au niveau de la station de Tala-Guilef est constituée essentiellement de schistes cristallins.

La région de Tala-Guilef présente des formations Eocènes et Oligocènes, et les formations du lias supérieur y présentent leur développement le plus complet (Flandrin, 1952 in Krouchi, 1995).

3.4.2- Pédologie :

Un substrat essentiellement siliceux caractérise la région de Tala-Guilef ce qui donne naissance à des sols humifères bruns dans les formations fermées. Un sol plus pauvre est présent sur substrat calcaire caractérisé par une importante quantité d'éléments grossiers (cailloux et sables) dans les pelouses culminales au pied de Haïzer. En exposition Sud, sous la cédraie, la texture est limono-sableuse (Bellahcène et Bensaad, 1989 in Bouhraoua, 1992, Abdelli, 2011).

3.4.3- Géomorphologie :

Le relief de Djurdjura est un relief jeune formé en quaternaire récent et présenté en pics aigus à parois très raides ; dont le résultat sont les éboulis en cas d'érosion intense ou l'influence d'autres facteurs. Ces éboulis forment des substrats dénudés et dépourvus de sol qui favorisent l'installation initiale de la végétation (Yahi, 2007). Selon Debuis et Faurel (1949) cité par Yahi (2007), un énorme développement des roches karstiques (lapiaz, dolines, agounis etc.) qui est le résultat de la dissolution par les agents climatiques sur les calcaires dolomitiques qui sont fortement abondants dans le Djurdjura.

3.4.4- Végétation :

Messaoudene & al (2014), soulignent que les principales formations sylvatiques du massif du Djurdjura sont des cédraies pures (40 %), des cédraies-chênaies vertes (30 %) et des chênaies vertes (13 %), le reste de la surface est constitué par des formations assylvatiques (17%).

La végétation de Thala Guilef est caractérisée par trois principales formations (subéraie, chênaie et cédraie):

- La subéraie peu importante vers 900m d'altitude;
- La chênaie verte vers 1000m d'altitude parsemée de quelques pieds de cèdres isolés ;
- Un étage mixte de chêne vert cèdre entre 1200 et 1500m d'altitude ;
- Une cédraie pure au delà de 1500m d'altitude avec quelques rares pieds de cèdre (Amirat, 2016).

Nous avons des formations végétales selon les étages altitudinaux suivants :

- À moins de 900m d'altitude nous avons un étage du chêne liège (*Quercus suber*), Cette formation est en exposition Nord-Ouest. C'est une formation dégradée.
- De 900 à 1100m d'altitude, nous avons une futaie de chêne vert en mélange avec l'érable (*Acer*). Quelques pieds de Cèdre apparaissent ainsi que quelques pieds de *Quercus faginea* dispersés.
- De 1300m à 1450m d'altitude nous avons un étage de cèdre à structure complexe et mixte. Il est en mélange avec le chêne vert en présence d'un sous-bois : *Artemisia absinthium*, *Rosa canina*, *Berberis hispanica*, *Juniperus oxycedrus*, *Cytisus triflorus* et *Ilex aquifolium*, dispersés et quelques pieds de *Taxus baccata*.

- De 1450m à 1800m d'altitude, nous avons une cédraie pure constituant une futaie dense. Sur le versant nord les tiges du cèdre sont plus droites et plus élancées, dans le versant sud elles sont moins hautes avec un tronc ramifié.

3.4.5- Caractéristiques climatiques :

Le climat de Djurdjura est de type continental et assez rude, à la fois méditerranéen et montagnard à bioclimat humide à variante fraîche. La saison estivale est sèche et chaude avec quelque fois des pluies exceptionnelles. Les hivers sont relativement pluvieux et froids avec des irrégularités interannuelles. Parfois on enregistre des périodes sèches de plus de 30 jours consécutifs sans pluie (Abdesselam, 1995).

La pluviométrie est bien connue d'un point de vue climatique. Les précipitations englobent la pluie, la rosée, la gelée, le givre et la glace. Mais parmi ces paramètres, ce sont les précipitations liquides (pluie) qui sont les plus couramment mesurées (Derridj, 1990).

La température constitue un facteur écologique limitant important, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux (Derridj, 1990).

Selon Seltzer (1946) in Bouheraoua (1992), une réduction de 0,4°C par 100m d'élévation en altitude pour la moyenne des minimas, et de 0,7°C pour les moyennes des maximas, ainsi 40 mm pour les précipitations.

Chapitre 04 :
Matériel et méthodes

Matériels et méthodes

1.1- Type d'échantillonnage

La méthode l'échantillonnage aléatoire à été utilisé pour le choix des stations étudiés. Un inventaire pied par pied a été réalisé dans chacune des 18 stations étudiées. Pour chaque arbre nous avons mesuré la hauteur et le diamètre à 1m30 du sol. Par la suite nous avons choisi l'arbre qui possède le diamètre moyen pour le carotter.

Une carotte seulement a été prélevée par arbre du coté amont, pour éviter le bois de compression, les carottes ont été extraites à l'aide de la tarière de Pressler à 1,30m.



Figure 13 : tarières de pressler.

Le carottage a été réalisé de manière à atteindre la moelle de l'arbre, et ce pour avoir l'âge absolue et obtenir des séries de cernes complètes. La tarière est introduite perpendiculairement à l'axe de l'arbre, le vissage se fait le plus rapide possible pour éviter le collage de la résine sur la tarière. Lorsque la pénétration est jugée suffisante, on glisse délicatement mais bien à fond, une fine tige-canal permettant d'extirper la carotte, elle est ensuite fixée sur une réglette de bois.

4-2- Préparation des carottes à la lecture

Les carottes ont été collé sur des réglettes avec une colle spéciale bois, Par la suite un ponçage a été effectué à l'aide du papier verre, en commençant par un papier grossier, puis, graduellement, avec des papiers de plus en plus fins jusqu'à nette apparition des cernes.



Figure 14 : carottes du cèdre de l'atlas étudiées

4.3- Les mesures :

Les mesures de l'épaisseur des cernes sont effectuées à l'aide de la machine LINTAB 5 à 1/1000mm doté d'un logiciel TSAPWIN permettant d'enregistrer les mesure sur ordinateur. La machine est dotée d'une loupe binoculaire permettant d'obtenir en partie la carotte et le grossissement du cerne (x 50).

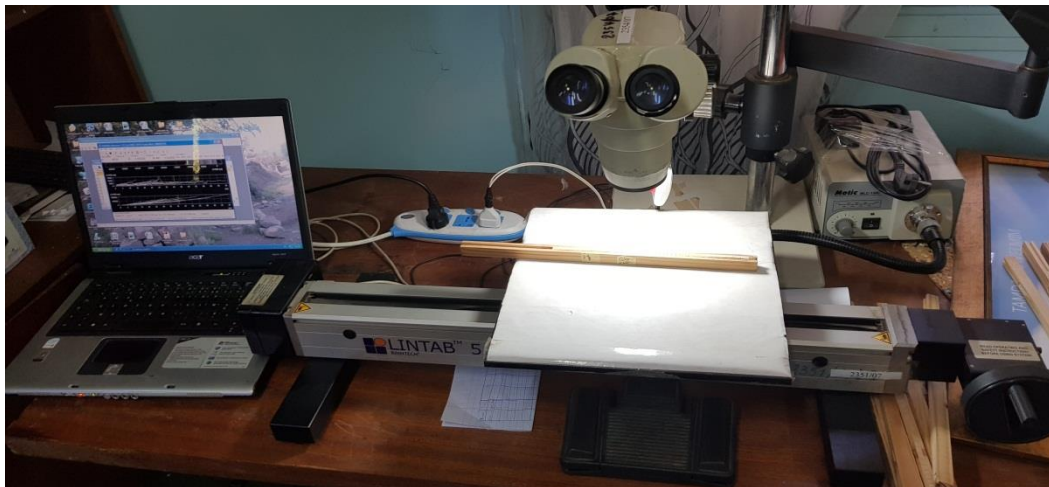


Figure 15 : machine LINTAB 5.

A partir de mesures deux types de séries ont été obtenus :

- **Série élémentaire d'épaisseurs de cernes**

Obtenues à partir des mesures fournies par une carotte. Une vérification de la concordance entre les différentes séries élémentaires d'une même population est effectuée ensuite par juxtaposition des courbes correspondantes. Ces données vérifiées servent de base à

toutes les analyses ultérieures (Messaoudene, 1989). Dans notre travail on a fait une carotte par arbre donc on est dans une série élémentaire

- **Les chronologies maîtresses**

Les chronologies maîtresses permettent de représenter chaque population (station) par une courbe maîtresse, sur toute la durée de la chronologie et montre l'allure de la croissance radiale moyenne annuelle pour ces populations. Les variations propres à chaque arbre, due aux paramètres intrinsèques et extrinsèques sont minimisées (Tessier, 1984 ; Messaoudene, 1989).

4.4- Les courbes d'accroissements cumulés :

Sur la base des accroissements courants annuels cumulés et en fonction de l'âge, on peut analyser le rythme d'accroissement de chaque population (station), et donnent une appréciation sur les différentes phases de la croissance de ces populations en relation avec les conditions du biotope. Ces données peuvent aussi fournissent une estimation du bois à un moment donné. Par ailleurs, la croissance du cerne peut jouer le rôle d'un indicateur de la fertilité de la station (Messaoudene, 1989).

4.5- Traitement des données statistiques :

Les paramètres statistiques permettant d'exprimer l'écart relatif des valeurs à la moyenne et comparer ces valeurs entre les différentes séries chronologiques (Geller, 1975).

A- Epaisseur des cernes moyenne (ECM)

Afin de déterminer la courbe de variation d'épaisseur moyenne des cernes de chaque arbre, la moyenne des épaisseurs des cernes doivent être calculé. L'ECM est calculé pour arbre de chacune des 18 stations sur toute la longueur de la chronologie. Le calcul des moyennes des épaisseurs des cernes permet de minimiser les variations propres à chaque arbre dues à des phénomènes particuliers, le plus souvent micro-stationnels et de ne garder que les variations inter annuelles des épaisseurs des cernes liées essentiellement au climat, accessoirement à l'intervention d'un parasite et aux pratiques sylvicoles ou encore anthropiques. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Dagnelie, 1973}).$$

X : croissance moyenne

x_i : épaisseur du cerne de l'année i

n : nombre d'année de la chronologie

B- La sensibilité moyenne (SM)

La sensibilité moyenne exprime la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (Douglass, 1936 in Tessier, 1984). Elle est obtenue par le rapport :

$$SM = \frac{2}{n-1} \times \sum_{t=1}^n \frac{|X_{(t+1)} - X_t|}{|X_{(t+1)} + X_t|}$$

SM : coefficient de sensibilité moyenne

N : nombre d'année de la chronologie

X_{t+1} : épaisseur du cerne à l'année t+1

X_t : épaisseur du cerne à l'année t

La sensibilité moyenne permet de définir la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (Fritts, 1976). Ce coefficient exprime l'ampleur des changements affectant à court terme l'épaisseur des cernes. Elle prend la valeur nulle pour deux cernes successifs égaux et la valeur 2 quand 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'interaction des facteurs environnementaux (Tessier, 1982). Elle a été calculée pour les séries individuelles et de synthèses.

C- Ecart-type

Il exprime les variations des individus par rapport à la moyenne, ce paramètre est obtenu par la formule suivante

$$S = \frac{1}{n} \sum_i^n (X_i - X)$$

D- Coefficient de variation

Il est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne, il permet d'exprimer l'écart relatif des valeurs à la moyenne (Lebourgeois et Merian, 2012). Il est exprimé par le rapport :

$$CV = \sigma / \bar{X} \times 100$$

CV : coefficient de variation

σ : écart type

\bar{X} : la moyenne

E- Le coefficient d'inter-datation (SR)

Il correspond au plus ou moins bon synchronisme des séries élémentaires dont est issue la chronologie maîtresse (Tessier, 1984)

Ce coefficient est dégagé par rapport à la sensibilité de série de synthèse de tous les individus d'une station sur la moyenne de la sensibilité individuelle. Son calcul est fait pour les séries élémentaires, individuelles et maîtresses, en appliquant la formule suivante :

$$SR = \frac{SMm}{SMe}$$

SR : Coefficient d'inter-datation ;

SMm : sensibilité calculée sur la chronologie maîtresse ;

SMe : moyenne des sensibilités calculées sur les séries individuelles ;

S'il se trouve que les variations des individus d'un groupe sont synchrones et se retrouvent dans la courbe moyenne, le coefficient est estimé élevé, dans le cas contraire il est reconnu faible. Cette formule est appréciée dans l'établissement de confirmation d'une interdatation car ses valeurs diffèrent nettement des groupes synchrones à des groupes établis au hasard (Munaut, 1966 in Guibal, 1981).

Chapitre 05 :

Résultat et discussion

Chapitre 5 : Résultat et discussion

5.1. Analyse des caractéristiques dendrochronologiques

5.1.1. Epaisseur moyenne des cernes

L'analyse des courbes individuelles permet d'indiquer les accroissements annuels importants et montre une fluctuation des valeurs des épaisseurs.

L'épaisseur moyenne des cernes est variable d'une placette à l'autre, elle est en moyenne de 2,86mm avec un minimum (placette 08) de 2,04mm et un maximum de 5,49mm (placette 02). ce paramètre vari de 2,04 mm à 2,86 mm pour placette 8 - 9 -10 -11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16, et de 3,47mm et 4,58mm pour les 1 - 3 - 4 - 5 - 6 – 7.

Les valeurs élevées de l'écart type et du coefficient de variation calculées montre qu'il y a une variation des épaisseurs moyennes des cernes entre les 18 placettes étudiées. Ces valeurs sont plus élevées dans les stations 1, 3, 4, 8, 11, 16 et de moins importance dans les placettes 2, 6, 7, 9, 12, 17, 18.

L'analyse de la variance à un facteur a été réalisée dans le but de vérifier l'hypothèse d'égalité des épaisseurs moyennes des cernes entre placettes. Les résultats du test ont révélés l'existence de différences très hautement significatif des épaisseurs entres placette avec une P-value de 2e-16

Tableau 2 : analyse de la variance des placettes étudié

	SCE	DDL	CM	Fobs	P value
Variation factorielle	5,697 e +08	17	33510103	12,01	2e-16
Variation résiduelle	2,229 e+09	799	2789227		

***Niveau de significativité pour $\alpha= 0,05$

Tableau 3 : Tableau représente les paramètres dendrochronologiques

Paramètres dendrochronologiques Paramètres statistiques	Age	ECM Epaisseur de cerne moyenne (mm)	SMi Sensibilité individuelle	SM Sensibilité moyenne	CI Coefficient interdatation
Moyenne	45.38	3.29	0.25	0.12	0.47
Minimum	81	2.07	0.18	/	0.22
Maximum	15	5.49	0.39		0.68
Ecart type	19.17	1.72	0.006		0.1
CV	42.23	52.81	2.4		22.23

5.1.2. Les courbes individuelles :

L'analyse de la courbe individuelle de la placette 1 montre deux phases de croissance en épaisseur. La phase 1 est une phase de croissance de la placette durant les deux premières années qui commence par (7,17 mm) en première année arrive jusqu'au point maximum (15,38 mm), ensuite elle chute progressivement jusqu'à la fin de la première phase en 2002 avec une valeur (2,57 mm). La deuxième phase présente des changements de valeurs où elle fait une petite relance qui dur 5 ans et se retrouver encore dans le déclin jusqu'à la fin de la phase 2 en 2021 avec une valeur (2,02 mm).

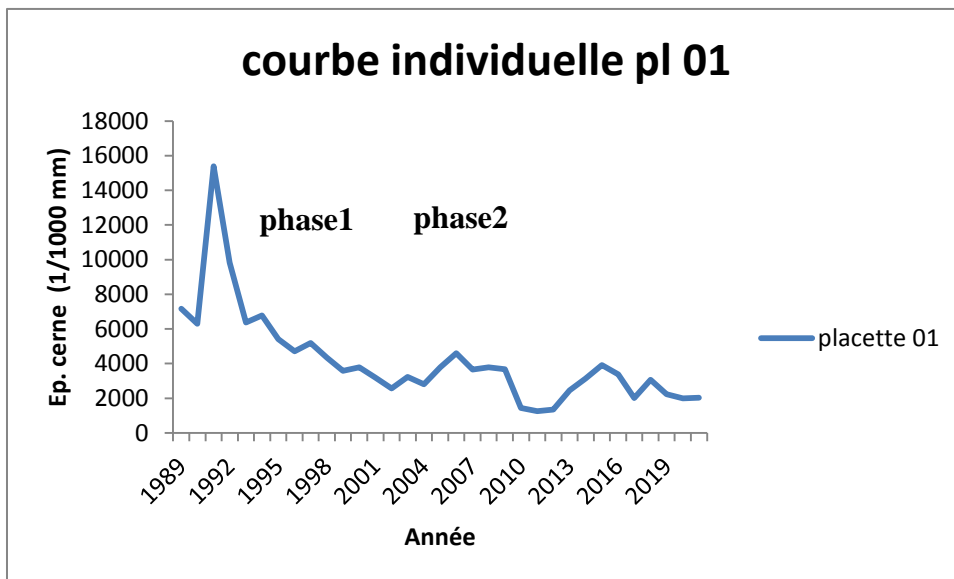


Figure 16 : courbe individuelle de la placette 1

Dans la deuxième courbe individuelle on remarque le déclin des épaisseurs de cerne du point de départ qui est (11,42 mm) en 2007 jusqu'à la dernière année 2021 avec une valeur (1,97 mm) après avoir vécu des croissances légères.

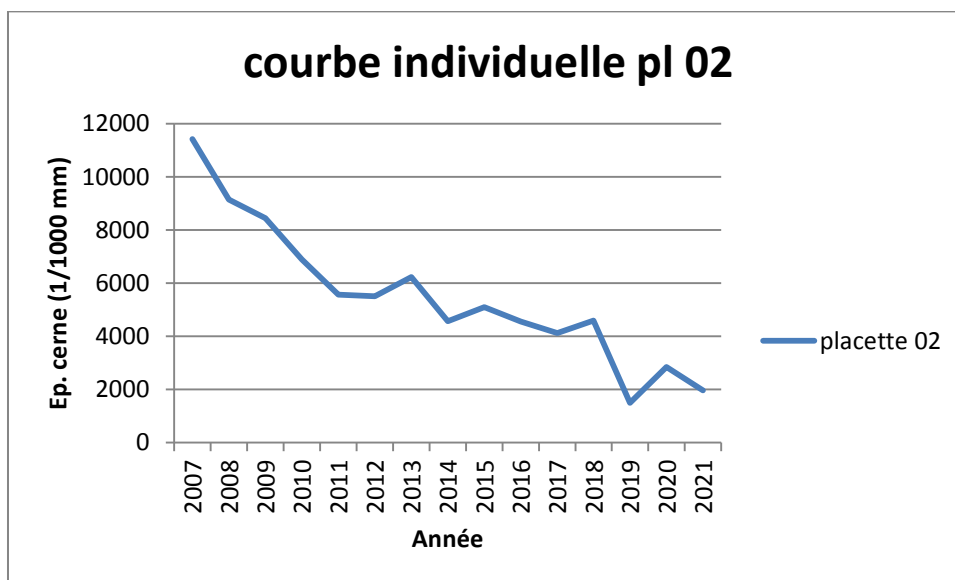


Figure 17: courbe individuelle de la placette 2

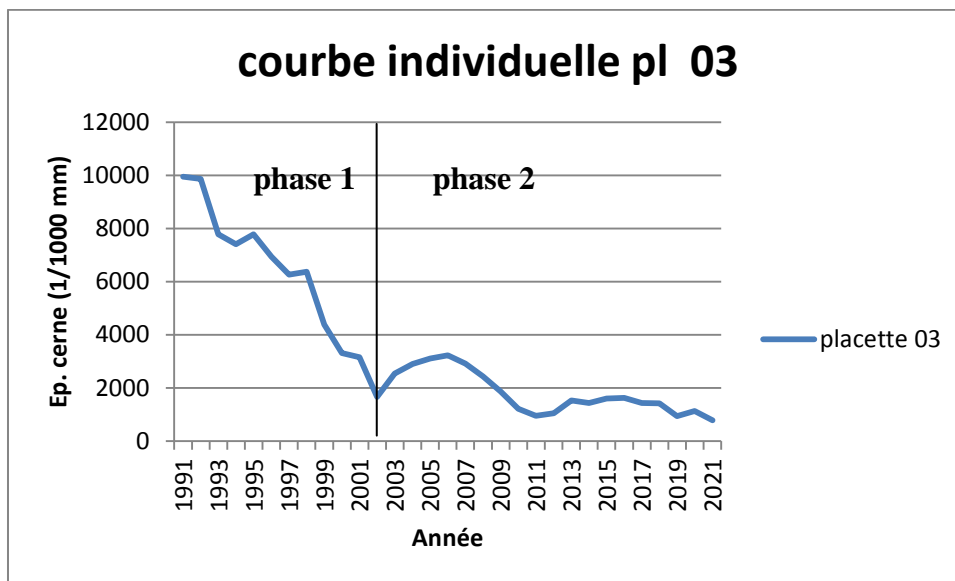


Figure 18 : courbe individuelle de la placette 3

La troisième courbe individuelle présente deux phases. Phase 1 subit une décroissance des épaisseurs du point max (9,95 mm) en 1991 jusqu'à (1,66 mm) en 2002 et phase 2 qui connaît une légère relance jusqu'au point 3,23 mm en 2006 et reprend le déclin progressivement dans toutes les autres années.

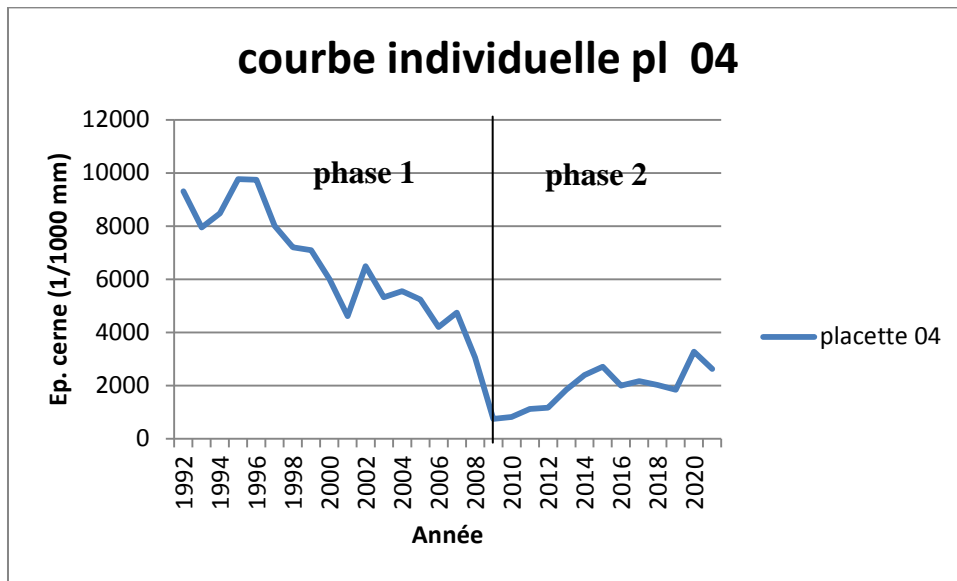


Figure 19: courbe individuelle de la placette 4

La courbe 4 montre une décroissance des épaisseurs des cernes dans la première phase du (9,77 mm) en 1995 à (0,75 mm) en 2009 et reprendre légèrement la croissance dans la deuxième phase pour finir son déclin et reste stable.

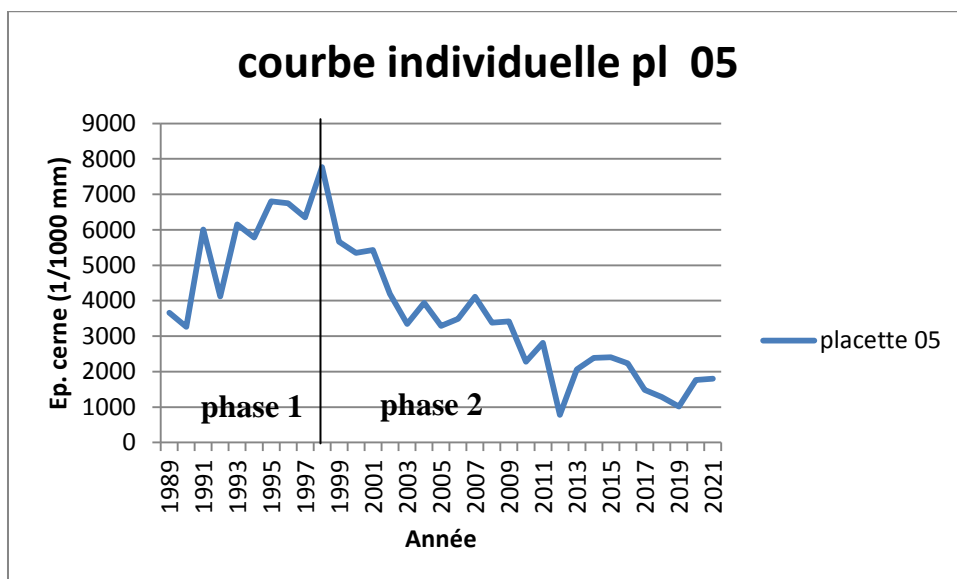


Figure 20: courbe individuelle de la placette 5

La courbe 5 commence la croissance directement dans la phase 1 en 1990 avec une épaisseur de (3,26 mm) arrive au point mature (7,77 mm) en 1998 qui est aussi le début de la phase 2 qui est une phase de déclin des épaisseurs.

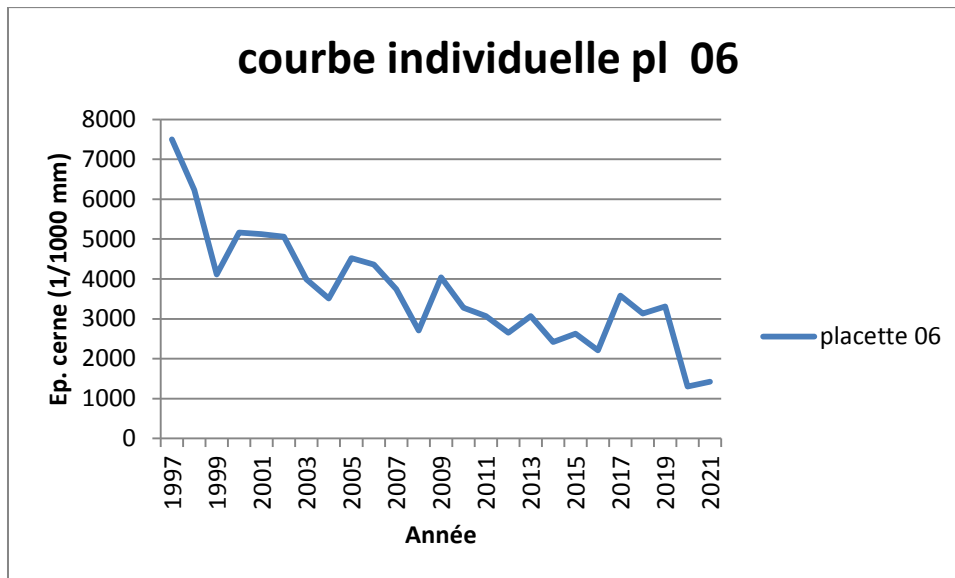


Figure 21: courbe individuelle de la placette 6

La courbe 6 marque une seule phase de décroissance des épaisseurs qui commence en 1997 avec une épaisseur (7,5 mm) et reprendre légèrement la croissance à chaque fois pendant des courtes périodes jusqu'à ces fin en 2021 avec une épaisseur (1,42 mm).

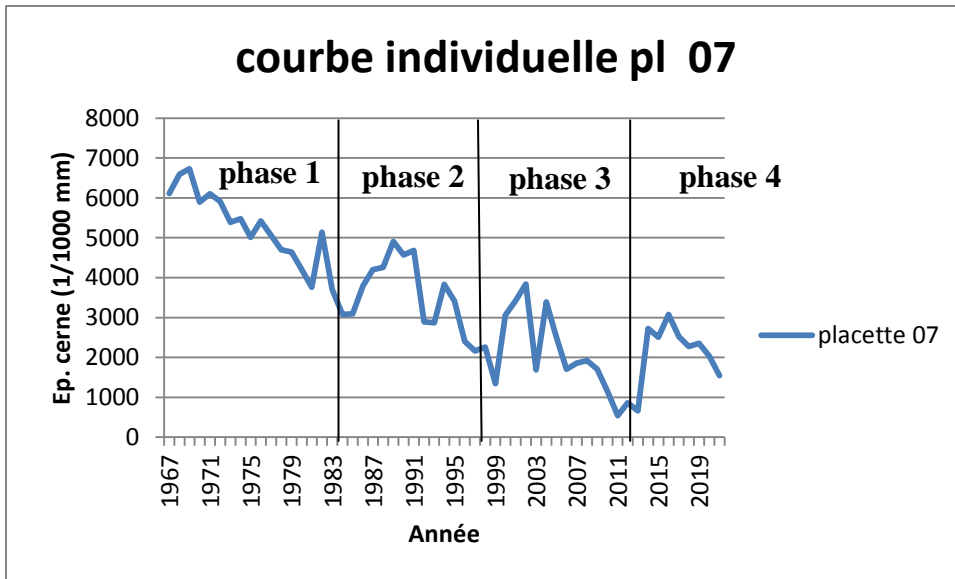


Figure 22: courbe individuelle de la placette 7

Dans cette courbe on trouve 4 phases où la première phase débute par la décroissance des cerne et reprendre la croissance à chaque début de la phase suivante finir par le déclin final.

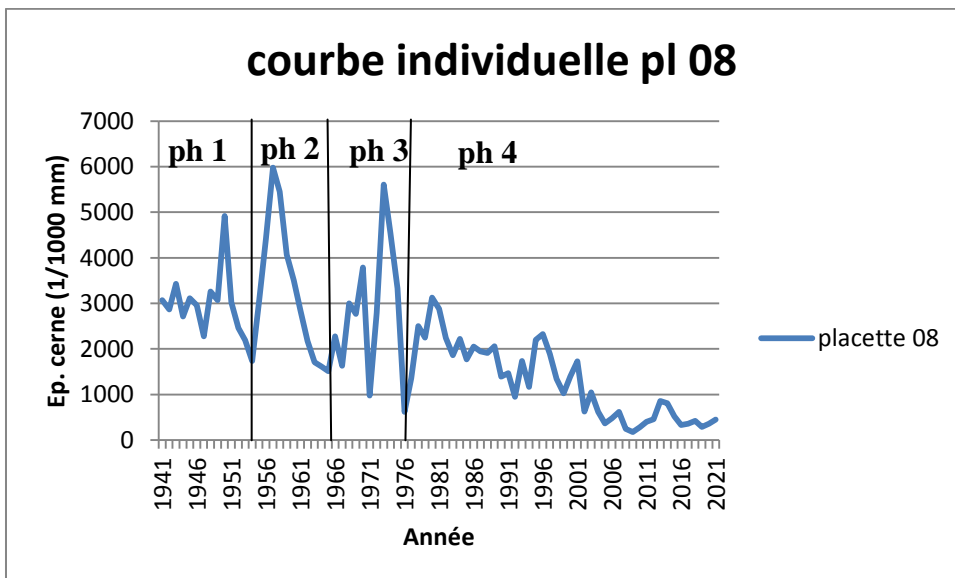


Figure 23: courbe individuelle de la placette 8

La courbe individuelle 8 contient 4 phases dont les trois premières phases marquent une croissance et décroissance consécutive des cernes et la phase 4 est un début de déclin progressive jusqu'à la fin de la phase.

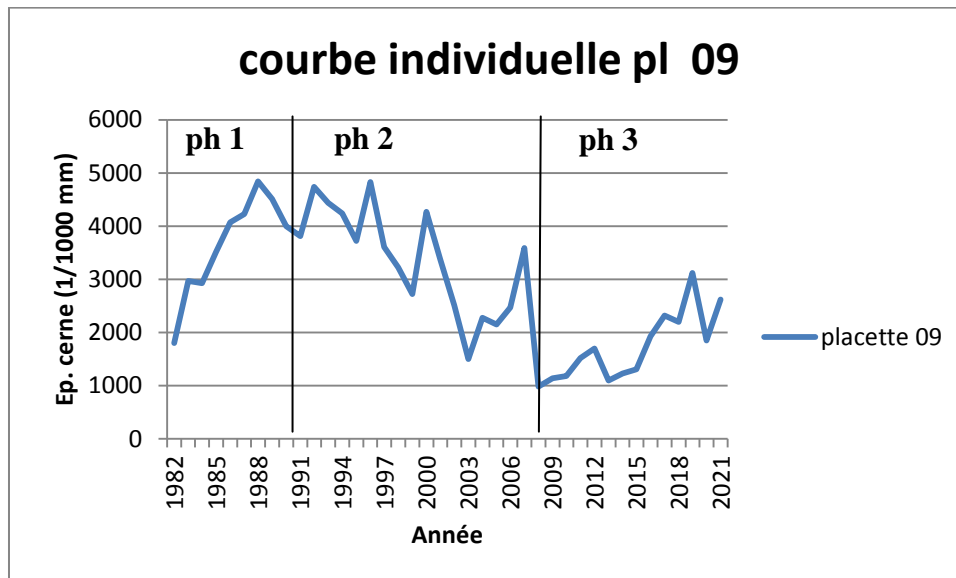


Figure 24: courbe individuelle de la placette 9

Dans la courbe 9, il y a 3 phases, la première est une phase de croissance des épaisseurs jusqu'au point max (4,84 mm) en 1988 où il commence un léger déclin. Le début de la phase 2 connaît une courte croissance qui le suit avec une courte décroissance chaque une petite période jusqu'à une épaisseur minimale de (0,98 mm) en 2008 qui est aussi un début de la troisième phase qui marque une croissance un peu importante jusqu'au point (3,12 mm) en 2019 qui finit par un déclin léger.

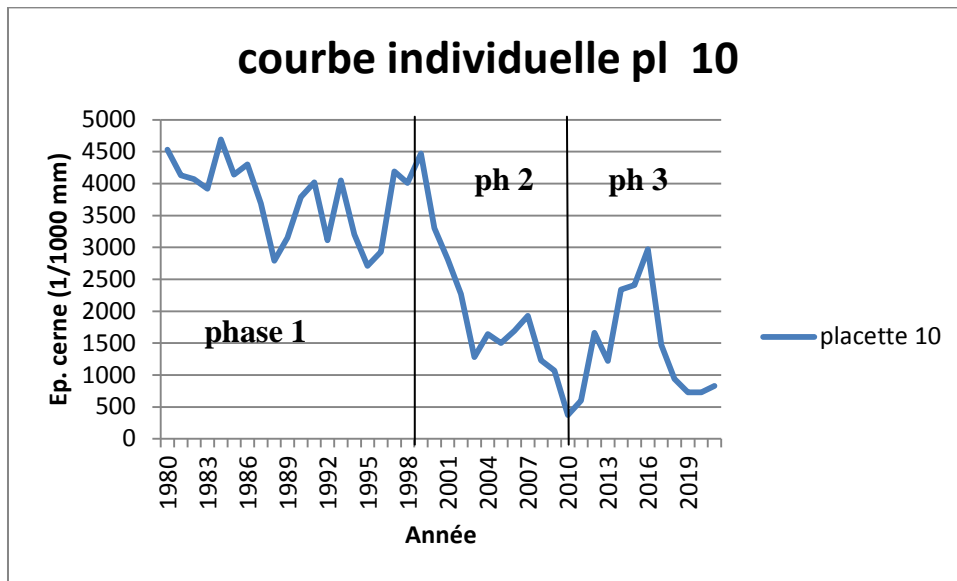


Figure 25: courbe individuelle de la placette 10

La courbe individuelle 10 présente 3 phases dont la première débute avec une légère décroissance de 3 ans (1980-1983) suivi d'une courte relance qui atteint le point max (4,69 mm) en 1984 et reprend le déclin à nouveau chaque 2 à 3 ans jusqu'à la deuxième phase qui connaît une longue décroissance du 1999 avec une épaisseur (4,47 mm) au (0,37 mm) en 2010. La phase 3 marque une relance importante qui a duré 6 ans et finit par un déclin progressif de 5 dernière année.

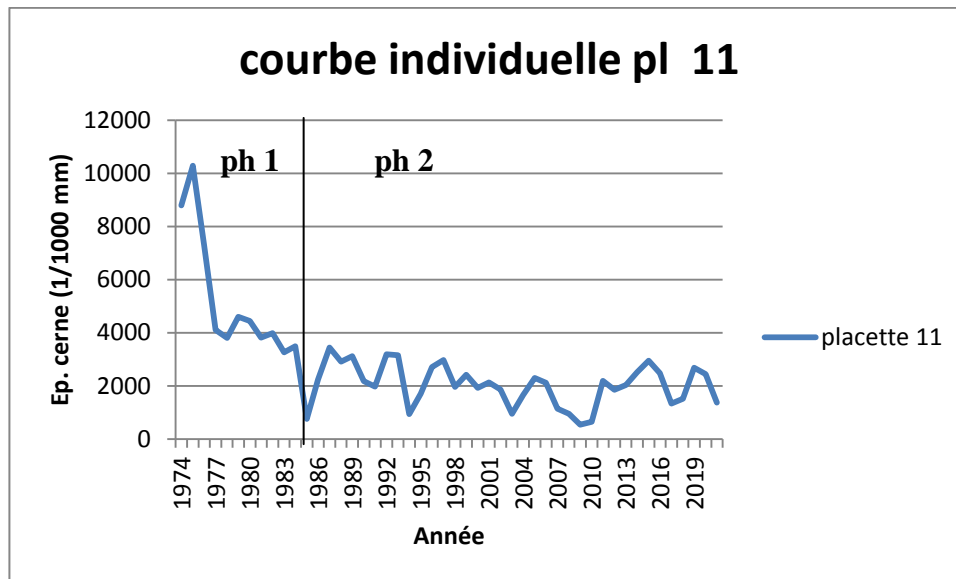


Figure 26: courbe individuelle de la placette 11

Dans la courbe 11 on remarque une décroissance progressive importante du 1975 avec une épaisseur (10,29 mm) au (0,76 mm) en 1985 dans la phase 1 et la phase 2 s’inscrit des changements d’épaisseurs durant toutes les années avec une courte croissance qui est suivi à chaque fois d’une courte décline.

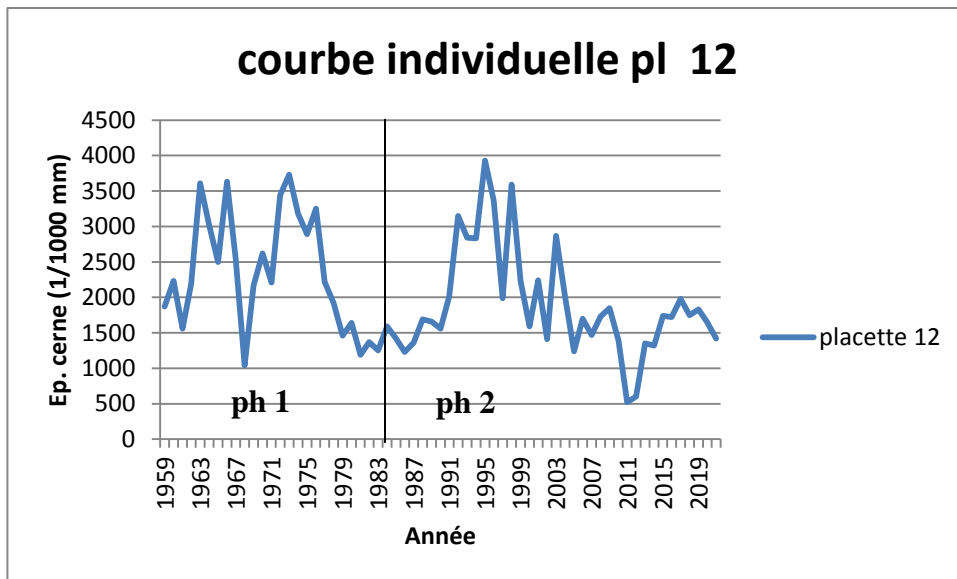


Figure 27: courbe individuelle de la placette 12

La courbe 12 présente deux phase qui sont presque identique où chaque une petite période marque une croissance suivi d'une décroissance qui sont plus au moins importante.

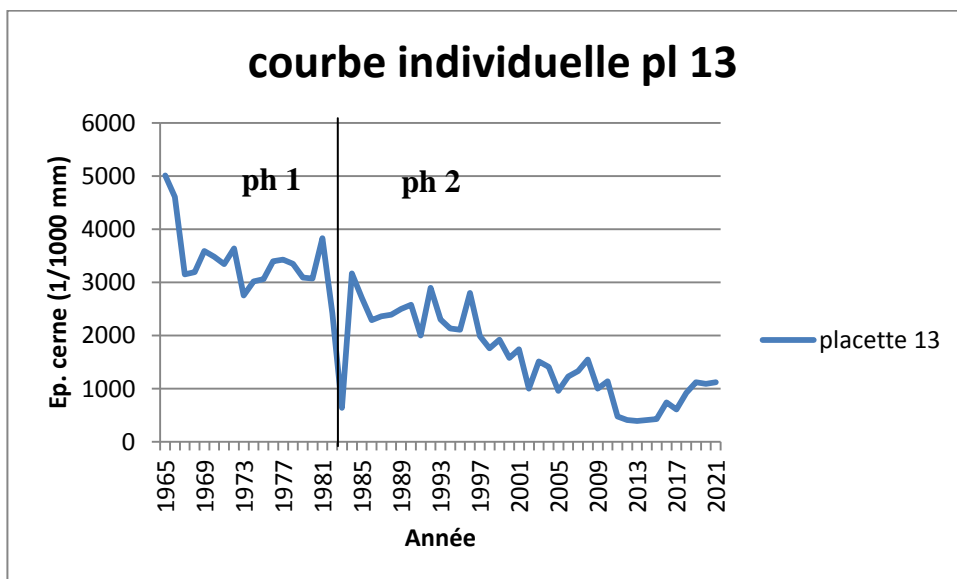


Figure 28: courbe individuelle de la placette 13

La première phase de la courbe commence par une décroissance des épaisseurs du cerne du (5,01 mm) en 1965 au (0,64 mm) en 1983. La phase 2 débute par une relance de la croissance d'une année qui suivi d'une décroissance de 2 ans et à chaque fois marque la même chose jusqu'à la fin.

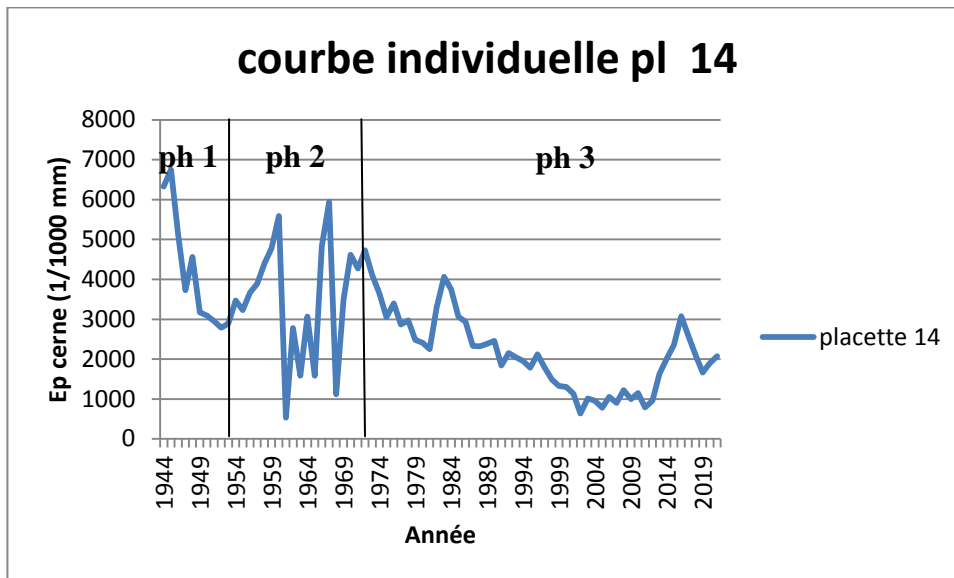


Figure 29: courbe individuelle de placette 14

La courbe 14 commence par la décroissance dans la première phase qui a duré 7 ans du (6,75 mm) à (2,79 mm). La deuxième phase s'inscrit une relance de la croissance de 7 ans aussi mais avec une épaisseur (5,59 mm) qui est moins importante que la première et finir par une chute de l'épaisseur suivant jusqu'à (0,53 mm) puis recommence aussi la croissance et le déclin. La phase 3 est une phase de déclin des épaisseurs de cerne.

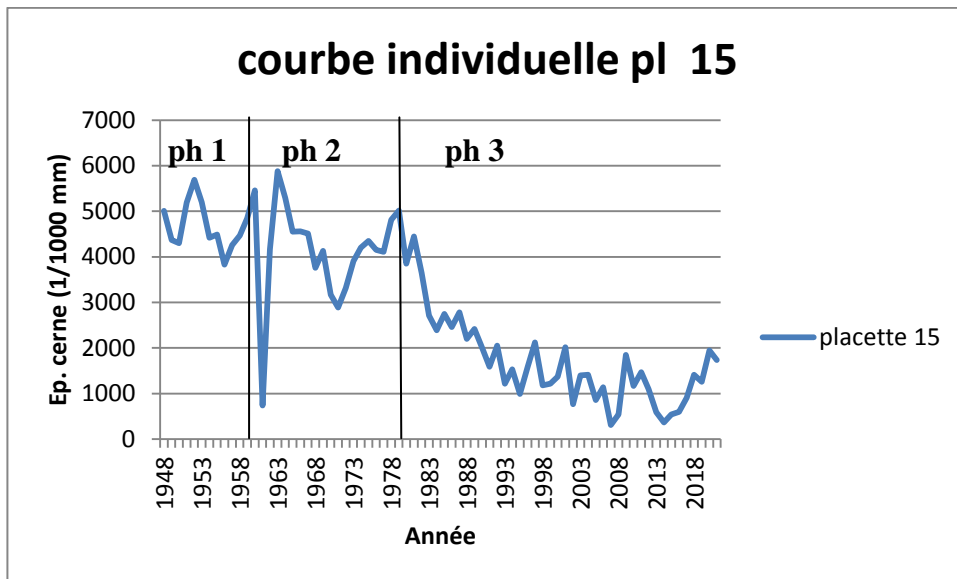


Figure 30: courbe individuelle de la placette 15

La phase 1 de la courbe 15 commence par une courte décroissance d'une année et une relance de 2 à 3 ans pendant 10 ans où elle débute la phase qui a subi une décroissance importante de l'épaisseur (5,46 mm) en 1960 au (0,74 mm). La phase 3 subi une décroissance progressive avec quelques années de relance jusqu'à la fin de cette phase.

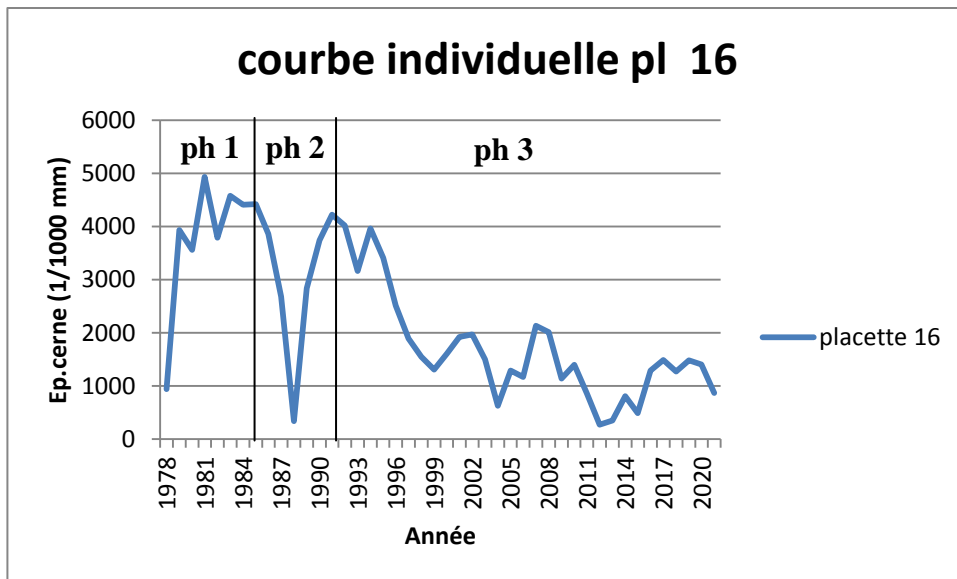


Figure 31: courbe individuelle de la placette 16

La courbe 16 a trois phases dont la première est une phase de croissance qui débute en 1978 avec une épaisseur de 0,94 mm et fini par une épaisseur de 4,41mm en 1984 qui est le début de la deuxième phase qui marque un déclin de la croissance importante arrivé jusqu'à (0,34 mm) en 1988 qui est le point de début de relance qui a duré 3ans. La phase 3 est une phase de décroissance des épaisseurs et de relance dans des courtes périodes pour finir en 2021 par une épaisseur de 0,87 mm.

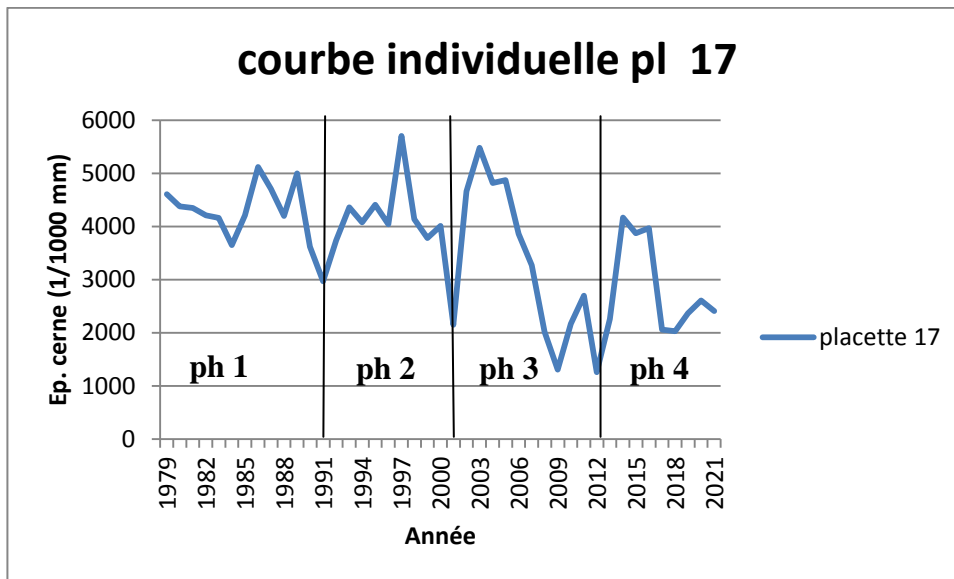


Figure 32: courbe individuelle de la placette 17

La courbe individuelle 17 marque 4 phase dont la première débute par un déclin de 5 ans suivi d'une année de relance pour finir la phase par un déclin en 1992 avec une épaisseur de (2,97 mm) puis la phase 2 arrive la croissance au point max (5,7 mm) en 1997, cette dernière est le commencement de déclin jusqu'au début de la phase 3 où s'est relancé encore pendant deux ans pour finir la phase par le déclin. La phase 4 présente une croissance moins importante et une décroissance pareille jusqu'à la fin.

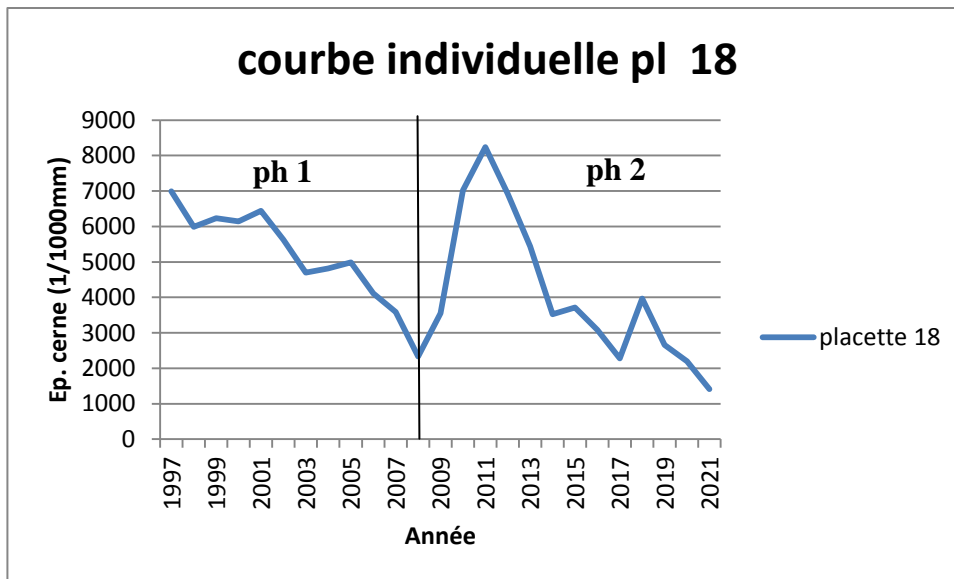


Figure 33: courbe individuelle de la placette 18

Dans la courbe 18 se trouve deux phases dont la première est une phase de décroissance d'une épaisseur de (6,99 mm) en 1997 arrive à la fin de la phase à une épaisseur (2,33 mm) en 2008. La phase 2 marque une relance de la croissance des épaisseurs jusqu'au point max (8,24 mm) en 2011 qui est le point où il commence le déclin progressivement jusqu'à l'arrivée au point min (1,41 mm) en 2021.

5.1.3. Courbe de synthèse

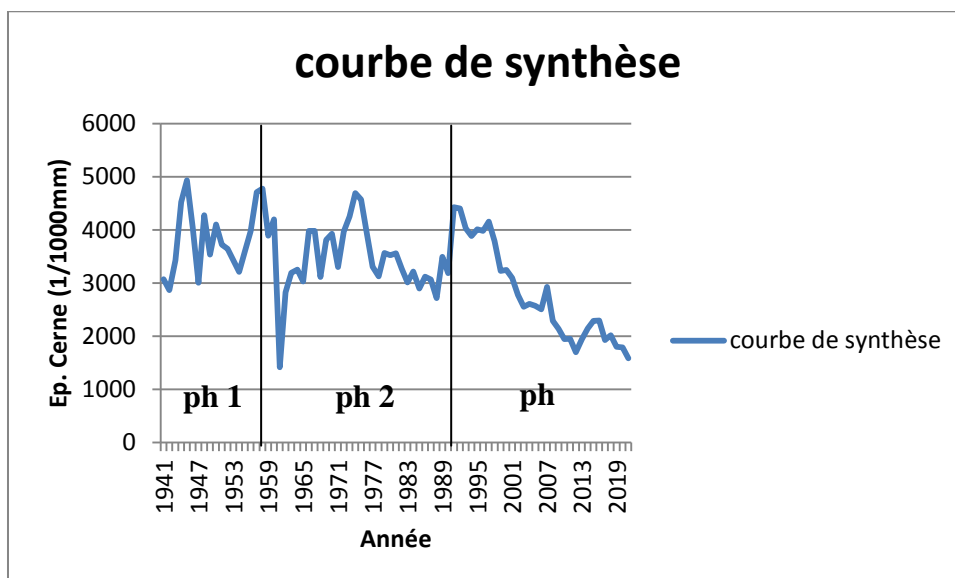


Figure 34 : courbe de synthèse

La courbe de synthèse présente trois phases dont la première marque une variation de croissance et décroissance, elle commence par une épaisseur de cerne de 3,07 mm en 1941 et termine par une épaisseur de 4,71 mm en 1957, cette dernière est le début de la deuxième phase avec un déclin remarquable qui arrive au point min 1,41 mm en 1961, suivi directement d'une relance importante qui a duré 13 ans et une courte décroissance d'une même durée. La troisième phase présente un déclin progressif d'une mesure 4,42 mm en 1991 jusqu'au dernier point qui est de 1,58 mm en 2021.

5.1.4 - Coefficient d'interdatation

Les valeurs élevées du coefficient d'interdatation (Tableau 03), égal au rapport de la sensibilité moyenne calculée sur la chronologie représentative de la population à la moyenne des sensibilités individuelles correspondantes (Schulman, 1956). Dans notre étude les placettes étudiées ont un coefficient d'interdatation entre 0,22 à 0,68 avec une moyenne de 0,48, ce qui nous montre un bon synchronisme. La plupart des placettes ont un coefficient d'interdatation plus petit ce qui nous indique une réaction propre de ces placettes vis-à-vis les conditions environnementales, plus précisément climatiques. De plus les placettes sont situées dans la zone riche ou fertile.

5.1.5- Sensibilité individuelle

La sensibilité individuelle fournit une évaluation chiffrée de la variabilité de l'accroissement radial d'une année à l'année suivante à l'intérieur du même individu (dans notre cas l'individu représente une placette).

Nous constatons que l'état sociale des placettes cause une variation de la sensibilité des arbres, les sensibilités moyenne les plus élevées se trouvent dans les placettes 8, 11, 12, 15, 16, qui varient entre 0,27 et 0,39 et les moins élevées dans les autres placettes, elles varient entre 0,21 et 0,25 (tab. 2). On note que les sujets âgés sont les plus sensibles. Cette différence entre les placettes pourrait être expliquée par l'exposition où le versant sud est plus chaud et reçoit moins de précipitations que le versant nord.

5.2 - La série de synthèse ou maitresse

Elle représente les fluctuations de la moyenne des valeurs annuelles des épaisseurs des cernes de toutes les séries individuelles d'une même population, chacune d'elles schématise l'allure de la croissance radiale moyenne des individus d'une même population

(Messaoudene, 1989). Dans notre cas on a pris un individu sur chaque placettes donc une carotte représente une placette, ce qui nous a pas permis d'avoir une bonne lecture de la chronologie maitresse et encore l'abondance des placettes (18 placettes) nous a fait sortir une courbe maitresse bouclée difficile à la lecture.

5.2.1- Epaisseur moyenne des cernes

On remarque un rapprochement des valeurs de l'ECM dans les placettes 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ce qui nous indique qu'elles sont proche entres eux avec des valeurs faible (2,04 mm jusqu'à 2,86 mm) dans la plupart des placettes âgés cependant la placette 8 est la plus âgé avec un ECM faible (2,04 mm), ce qui nous explique l'effet de l'âge sur la croissance radiale des arbres.

Les fortes valeurs de l'ECM observée dans les autres placettes (3,47 mm jusqu'à 5,49 mm) est probablement dû à l'absence du sous-bois dans les placettes ce qui explique la diminution du phénomène de concurrence, en effet la placette 2 et la plus jeune qui marque l'ECM le plus grand avec une valeur 5,49 mm.

5.2.2- sensibilité moyenne

Pour Tessier (1982), la sensibilité moyenne quantifie le signal climatique tel qu'il résulte de l'interaction des facteurs environnementaux. Au niveau de la série de synthèse, la sensibilité moyenne maitresse de toutes les placettes est 0,12. Cette sensibilité se situe en dessous de la norme méditerranéenne qui est égale à 0,23. La valeur faible de ce paramètre est appelée « complacent » qui veut dire complaisante (Serre, 1973).

La sensibilité moyenne globale du cèdre de l'Atlas dans notre zone d'étude (0,12) est faible, elle est inférieur aux valeurs obtenus par Sarmoum (2008) pour Theniet El Had allant de 0,19 à 0,43. Elle est également inferieur aux valeurs moyennes obtenues par Munaut et al, (1978) au Rif Marocain (0,18 à 0,22) et par Chbouki (1994) au moyen Atlas Marocain (0,14 à 0,46).

La sensibilité du cèdre aux précipitations durant plusieurs mois de l'année rend cette espèce vulnérable à la sécheresse qui dure depuis plusieurs années. Les années sèches provoquent une diminution brutale des réserves hydriques du sol et exposent les arbres à un

risque de stress hydrique élevé qui trouve son paroxysme en période estivale (Bréda & *al.*, 2000 ; Landman & *al.*, 2003).

Les simulations futures des changements climatiques en région méditerranéenne, prévoient une augmentation des températures de l'ordre de 03°C d'ici à la fin de ce siècle, les précipitations vont être diminuées de 20 à 30% (GIEC, 2007). L'Afrique du Nord sera parmi les régions les plus touchées par ce changement du climat (Quézel et Médail, 2003 ; Xoplaki & *al.*, 2004). Dans ce contexte, l'avenir du cèdre de l'Atlas est donc contestable dans son air naturel, son existence sera sans doute compromise par cette évolution du climat, mais aussi par l'intensité de l'action anthropique qui pèsera sur ces écosystèmes.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail ayant porté sur l'étude dendrochronologique du cèdre de l'atlas dans la région de Thala-Guilef, les résultats obtenus montre clairement l'existence d'une relation entre la croissance radiale et les facteurs stationnels.

L'épaisseur moyenne des cernes est variable d'une placette à l'autre, elle est en moyenne de 2,86mm. D'après l'analyse des variations inter-annuelles, on peut constater que les placettes d'une même région soumises au même climat régional, présentent des modèles de croissance différents, cela est peut-être dû à la variation des facteurs micro-stationnels qui ont une influence sur ce paramètre.

D'autres facteurs simulent la croissance radiale des arbres à savoir le facteur âge et les travaux sylvicoles. L'épaisseur annuelle des cernes diminue avec le vieillissement des arbres, la valeur optimale s'observe généralement au stade juvénile, c'est le cas de la placette 2 qui est la plus jeune avec des cernes épais et de la placette 8 qui est la plus vieille avec des cernes minces.

Les valeurs du coefficient d'interdatation sont variables elles sont en une moyenne de 0,48, ce qui nous montre un bon synchronisme des séries. Ce paramètre est faible dans la plupart des placettes ce qui nous indique une réaction propre de ces placettes vis-à-vis les conditions environnementales, plus précisément climatiques. De plus ces placettes sont situées dans la zone riche ou fertile.

La sensibilité moyenne des placettes étudiées est faible dans la majorité des placettes étudiées ce qui est probablement dû aux conditions favorables du milieu (bonne couche de matière organique, exposition Nord et Nord Ouest). La plus grande valeur de la sensibilité moyenne individuelle a été observée dans la placette 16 avec une valeur de 0,39, ce qui peut s'expliquer par l'exposition Sud qui est chaude, c'est ce qui confirme que le stress hydrique augmente la sensibilité des placettes.

Pour une étude plus approfondie, de nombreuses perspectives sont à prendre en considération :

- Effectuer un échantillonnage sur des placettes plus homogène en augmentant le nombre d'échantillons par placette et faire trois carottes par arabe pour avoir une bonne précision.
- Pratiquer les travaux sylvicoles et les soins culturaux pour une meilleure conduite du peuplement.

Référence bibliographiques

ABDESSELAM, M. 1995. Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen: Exemple du Djurdjura Occidental (grande kabylie Algérie). *Thèse Doct.* 232p.

ABDESSEMED, K. 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurès et de Belezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. *Thèse Doct. Fac. St. Jerome, Marseille:199 P.*

ABDESSEMED S., 2010 - Comportement des semis du Cèdre de l'Atlas en conditions de stress thermique. *Mém. Magistère, Univ. MENTOURI, Constantine.* 127p.

ABOUROUH, M. & M. MORELET. 1999. Les champignons parasites du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord et en France. *For. med.* 20:198-202.

ADDAR, A., 2016. Mise en évidence des processus diachroniques de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au niveau des massifs Djurdjura et de Chrea. *Thèse. Doctorat. U.S.T.H.B.* 183p.

AIDROUS-LARBI N., 2007 : Exploration de la variabilité géographique de deux espèces de cèdre : *Cedrus atlantica* et *Cedrus libani*. *Mem.Mag.INA.*107p.

AIT AIDER H., ANNOUN A, 2007 : étude comparée de la croissance radiale du cèdre de l'Atlas (*cedrus atlantica* Manetti) des deux cédraies Theniet El Had (Ouarsenis) et Belezma (Batna). *Mém. ing. agr. univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 78p, annexe.*

ALILECHE A., 2012 : Etude du dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la cédraie des Aurès : Bélezma (Batna) et Chélia (Khenchla). *Mém. Mag. Univ. Houari BOUMEDIENE, Alger.* 90p.

AMIRAT Y., 2016 Analyse structurale de la cédraie en quelques points du Djurdjura Nord-Ouest (Thala-Guilef et Thabourth-El-Inser). *Mém. Magister, Univ. Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou.* 78 p.

ARBEZ M. FERRANDEZ P. & UYAR N., 1978 : Contribution à l'étude de la variabilité géographique des cèdres. *Ann. Scien. For., Vol. 35, N°4. pp* : 265-284.

AUSSENAC G., 1984 : Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysiological. *Bull. Soc. Bot. Fr., Actual. Bot., 131, (2/3/4):* 385-398.

AZZOUNI A. 1980 : Etude de la croissance du cèdre de l'Atlas introduit en moyenne altitude dans l'Atlas tellien. *Mém. Ing. Agro. I.N.A, El Harrach. 60p.*

AZZOUZI, E. & R. KELLER. 1998. Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *For. Med, 23.*

BARBERO M., LOISEL R., MÉDAIL F. & QUÉZEL P., 2001. Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Boccone, 13 : 11-25.*

BARITEAU M. et FERRANDES P. 1992. Les Cèdres. In Gallais et Bannerot H. (Eds.) L'amélioration des espèces végétales cultivées. *Inra, pp 732-743.*

BELAID M., 1986. Contribution à l'étude préliminaire de la distribution de la matière organique dans quelques sols forestiers de la Kabylie du Djurdjura Thèse de D.E.S. Institut de Biologie de Tizi-Ouzou. 49p.

BENHALIMA, S. 2006. Les insectes xylophages et leur rôle dans le déperissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans le haut et le moyen Atlas (Maroc). *Univ. Mohammed V - Agdal Institut Scientifique Rabat: 107 p.*

BENTOUATI, A. 1999. Première Etude De La Croissance Et De La Productivité Du Cèdre De L'Atlas (*Cedrus Atlantica* M.) Dans Le Massif Du Belezma (Aures-Algerie). *For Med. (2) 115-119.*

BENTOUATI, A. 2008. La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès. *For. Med. T. XXIX, (2): 203-208*

BILTEKIN, D., POPESCU, S.M., SUC, J.P., QUEZEL, P., JIMENEZ-MORENO, G., YAVUZ, N., 2015. Anatolia: a long-time plant refuge area documented by pollen records over the last 23 million years. *Rev. Palaeobot. Palynol. 215, 1–22.*
doi: 10.1016/j.revpalbo.2014.12.004

BOU DAGHER-KHARRAT, M., MARIETTE, S., LEFÈVRE, F., FADY, B., SAVOURÉ, A., 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. *Tree Genet. Genomes 3, 275–285.* doi: 10.1007/s11295-006-0065-x

BOUDY P., 1950 . Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières .Ed. Larose, Paris, T 2. 638p.

BOUDY P., 1952. Le guide forestier en Afrique du nord. Ed. La maison rustique, Paris. 505 p.

BOUHERAOUA H., 1992. Contribution à l'étude phytosociologique et phytodynamique des groupements végétaux de la forêt du Djurdjura (Tala-Guilef, Djurdjura Occidental). *Mém. Ing. Agro. Ummto*.100p.

BREDA N., GRANIER A. et AUSSÉNAC G., 2000. Evolution possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres. *Rev.For.Fra: numéro spécial*, pp.73-90.

BRISSEAU de MIRBEL C.-F., 1802. Traité d'Anatomie et de Physiologie végétale, 1ere et 2ème partie, 112 - 100 p.

CHEBOUKI N., 1994 . Une synthèse dendroclimatique du Cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp : 33-59*

DE MARTIN P., 1974. Analyse des cernes: dendrochronologie et dendroclimatologie. Ed. Masson, Paris, 78p.

DERRIDJ, A., 1990. Etude des populations de Cedrus atlantica M. en Algérie. *Thes. Doc. Univ. Paul Sabatier, Toulouse*. 288p.

DETIENNE P., 1988. Cours illustrés d'anatomie des bois. Ed Centre Technique Forestier Tropical, France. 47p.

DUHAMEL DU MONTCEAU H. L., 1788. La physique des arbres.
<http://books.google.fr>, 308 p.

DUMAS R., 2002. Traité de l'arbre, essai d'une philosophie occidentale. *Actes Sud*, 256 p.

ELLATIFI M., 1994. Le cèdre de l'Atlas hors de son aire naturelle : propriétés technologiques. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp : 683-69*.

EMBERGER L., 1938. Contribution à la connaissance des Cèdres et en particulier du Déodar et du Cèdre de l'Atlas. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. 18e année, bulletin n°198, février 1938. pp. 77-92.

EZZAHIRI M. & BELGHAZI B., 2000. Synthèses de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc). *Sci. & Chang. Plan. /Secheresse*. Vol. 11, N° 2. 79-84 p.

FABRE, J.P., 1976. Extension du cèdre et risques d'attaques d'insectes. *Revue Forestière Française*. 28(4) : pp.261-269.

FABRE, J.P., M., 1999. Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord en France et en Europe. *For. Med. t. xx, n ° 4, 16: 203 - 218*.

FAUREL, L. & R. LAFFITE, 1949. Facteurs de répartition des cédraies dans les massifs de l'Aures et du Belezma. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 40: 178-186.

FEDDI, N., FAUQUETTE, S., SUC, J.P., 2011. Histoire pliopléistocène des écosystèmes végétaux de Méditerranée sud-occidentale : apport de l'analyse pollinique de deux sondages en mer d'Alboran. *Geobios* 44, 57–69. doi: 10.1016/j.geobios.2010.03.007.

FRANÇOIS LEBOURGEOIS, PIERRE MERIAN, 2012. Principes et méthodes de la dendrochronologie. Agro. Paris Tech., ENGREF 85 p.

FRITTS H. C., 1976. Tree rings and climate. Ed. Academic press, San Diego, pp 567-582.

GAUSSEN H., 1964. Les gymnospermes actuelles et fossiles. *Trav. Lab.Forest.Toulouse, T.2 (1), fasc.VII*.

GELLER S., 1975. Abrégé sttistique. 2ème édition, Ed. Masson, Paris. 222p.

GHELLAB K., 1991. Contribution à l'étude dendrochronologique du cèdre de Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) dans le parc national de Theniet El Had (Tissemsilt). *Mém.Ing.Agr., INA, Alger, 76p, Annexes*.

GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. *Rapport du Groupe du travail I du GIEC*. 27p.

GUIBAL F., 1981. Première approche dendroclimatologie du cèdre de l'Atlas en France. *Rapp. DEUA. 29p*

HARFOUCHE, A. & A. NEDJAH. 2003. Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l'Aures à la recherche d'un peuplement semencier et d'arbres plus. *Rev. For. Fr. Lv - 2-:113 - 122.*

HUGHES M. K., 2002. Dendrochronologie in Climatology – the state of the art. *Dendrochronologia, 20/1, 95-116.*

JACAMON M., 1987. Guide de dendrologie. T 2. *Feuillus .Ed. E.N.G.R.E.F, Nancy. 256p.*

JOUREZ B., 1997 - le bois de tension : définition et distribution dans l'arbre. *Station de recherches forestières, Ministère de la région Wallonne, Belgique.*

KHEDDACHE A., 2005. Endurcissement des graines de *Cedrus atlantica* (Manetti) en vue de sa régénération par semis en condition de stress hydrique *Mém. Mag. Biologie végétale, U.M.M.T.O., 85p*

KRAMER P J. & KOZLOWSKI T T., 1979. Physiology of Woody Plants. *Ed. Academic Press, New York, Usa.*

KROUCHI., 1995. Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tala-Guilef Djurdjura Nord occidental. *Mem. Mag. Sci. Agro. Option foresterie. I.N.A. Alger, 105 P.*

KROUCHI F., 2010 - Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel Tala-guilef, Djurdjura Nord-Ouest, Algérie. *Thes. Doc. Univ. Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou. 127p.*

LANDMANN G., BREDA N., HOULLIER F., DREYER E. et LUC-FLOT J., 2003. Sécheresse et canicule de l'été 2003 : quelles conséquences pour les forêts françaises. *Rev. For. Franç: 4, pp298-308.*

LANIER, L. 1986. Précis de sylviculture. *ENGREF, Nancy, 468p*

LEBOURGEOIS F & MERIAN P., 2012. Principes et méthodes de la dendrochronologie. *Agro Paris Tech, ENGREF. 88p.*

LEBOURGEOIS F., BECKER M., 1995. Dendroécologie du pin laricio de Corse dans l'ouest de la France. Evolution du potentiel de croissance au cours des dernières décennies. *Ann. Sci. For (1996) 53, pp. 931-946, INRA – Nancy*

LEPOUTRE, B. 1964a. Ecologie De La Régénération Naturelle Du Cèdre Dans Le Moyen Atlas Marocain. *Ann. Rech. For. Maroc, Rabat, :63 - 75.*

LIBBY W.F., ANDERSON E.C., ARNOLD J.R. 1949. Age determination by radiocarbon content. *World-wide assay of natural radiocarbon. Science, 9, 227-228.*

LIBBY W. F., 1963. Accuracy of radiocarbon dates. *Science, 140, 278-280.*

LOUKKAS A., 2006. Atlas des Parc Nationaux Algériens. *Ed. Publié par le Parc National de Théniet El Had Avec l'autorisation de la Direction Générale des Forêts, 88p.*

M'HIRIT, O., 1982. Études écologiques et forestières des cédraies du Rif Marocaine : essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc. Vol. 2. 499 p.*

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". *Ann. Rech. For. Maroc, T (27). Pp : 3-21.*

M'HIRIT, O., 1999. Le cèdre de l'Atlas bilan et perspectives. *For. Méd., 20: 91-100.*

M'HIRIT O., 2006. Le cèdre de l'atlas : mémoire du temps. *Ed. Mardaga.288 p.*

MAGRI, D., 2012. Quaternary history of *Cedrus* in southern Europe. *Ann. Di Bot. 2, 57–66.*
doi: 10.4462/annbotrm-10022

MEDDOUR H., 1992. contribution à l'étude dendrochronologique de deux provenances de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : cas d'une station littorale et une autre continentale. *Mem. Mag. INA., Alger, 178p.*

MESSAOUDENE M., 1989. Dendroécologie et productivité de *Quercus afares* Pomel. Et *Quercus canariensis* Willd. dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghorbi en Algérie. *Thes. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille. 123p.*

MESSAOUDENE, M., & al., 2016. Modélisation de la structure en diamètre des reboisements et des peuplements naturels de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) du Djurdjura (Algérie). *Rev. For. Fr.* **LXVIII.** 43-52p.

MUNAUT A.V., BERGER A.L., GUIOT G. et MATHIEU L., 1978. Dendroclimatological studies on cedars in Morocco. *Evolition des atmosphère planétaire et climatologie de la terre ; CNRS, Nice, pp* 373-378.

NAIT ABDELAIZIZ, B. N. & A. CHALLAL. 2011. Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica manetti*) au niveau du parc national du Djurdjura. *Mem.Ing. Biologie, Ummto: 111p.*

NEDJAH A., 1988. La cédraie de Chréa. (Atlas Blideen) : Phénologie, productivité, régénération. *The. Doc. Univ. de Nancy. 184p.*

Données du Parc National du Djurdjura, 50p.

PHILIPPE, G., BALDET, P., HEOIS, B., GINISTY, C., 2006. Reproduction sexuée des conifères et production de semences en vergers à graines. *Ed. Quae, 570 pages.*

QIAO, C.Y., RAN, J.H., Li, Y., and WANG, X.Q., 2007. Phylogeny and biogeography of *Cedrus* (Pinaceae) inferred from sequences of seven paternal chloroplast and maternal mitochondrial DNA regions. *Ann. Bot.* **100,** 573–580. *doi: 10.1093/aob/mcm134.*

QUEZEL P. & SANTA S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Ed. Centre National de la Recherche Scientifique T 1. 618p.*

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

QUEZEL P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen .205- 256 in PESSON P., Actualités d'écologie forestière (Sol, Flore, Faune). *Ed. Bordas ; Paris ; 517p.*

QUEZEL, P., 1998. Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. *For. Med.* **XIX (3):** 243- 260.

SABATIER, S., P. Baradat, & D. Barthelemy, 2003. Intra-and interspecific variations of polycyclism in young trees of *Cedrus atlantica* (endl.) manetti ex. carriere and *Cedrus libani* . Rich (Pinaceae). *Ann. For. Sci.* 60:19-29.

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 (Wilaya de Tissemsilt). *Mém. Mag. Univ. Houari BOUMEDIEN, Alger.*

SCHULMAN E., 1940. A Bibliography of tree ring analysis. *Tree-Ring Bull.*, 6 (4), 26-39.

SCHWEINGRUBER F.H., 1988. Tree Rings, Basic and Applications of Dendrochronology. *D. Reidel Publishing Company, 276 p.*

SERRE F., 197. Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'alep (*Pinus halepensis*). *Thes. Doc. Es Sces. univ. Aix – Marseille III, 144p.*

SLIMANI, S. 2014. Reconstitutions dendrochronologiques du climat et de l'historique des incendies dans les regions des Aures et de Kabylie, nord del'Algerie. *Thes. Doc. Univ. Ummto, 190p.*

TESSIER L., 1982. Analyse dendroclimatologique comparée de six populations de *Pinus silvestris* (L) dans la Drôme. *Ecologia Mediterranea, tome VIII (fascicule 3), pp 184-202.*

TESSIER L., 1984. Dendroclimatologie et écologie de *Pinus silvestris* L. et *Quercus pubescens* W. dans le sud-est de la France. *Thes. Doc. Univ. Aix Marseille III. 275p.*

TOTH J., 1970. Plus que de centenaire et plein d'avenir : Le cèdre en France. *Rev. For. Fra. Vol. 22, N° 3. 355-364 p.*

TOTH J., 1973. Premières approches de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. *Rev. For. Fra. Vol. 25, N° 5. pp : 381-389.*

TOTH J., 1978. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le sud de la France. *Thes. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille. 196 p.*

TOTH J., 1990. Le cèdre III. Intérêt paysage. Cédraie touristique. *Forêt privée. N° 195. 8p.*

TOTH J., 2005. Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. *Edit. L'Harmattan, Paris, 207 p.*

TOTH, J., 1980. Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière. *For. Med. II(1): 23-30.*

TOUCHAN R, HUGHES M. 2000. The role of dendrochronology in natural resource management. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-13, pp. 277-281.*

TRENARD Y., 1978. L'art de faire parler le bois : initiation à la dendrochronologie. *Ed. Centre Technique du Bois, N° 163, 42p.*

XOPLAK E., GONZALEZ-ROUCO J. F., LUTERBACHER J. and WANNER H., 2004. Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate Dynamics: 23, 63–78.*

YAHY N., 2007. Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. *Thes. Doct. Univ. USTHB 265p.*

Résumé :

Une étude dendrochronologique a été envisagée dans la cédraie naturelle de la partie nord-ouest du massif du Djurdjura (Thala-Guilef), avec comme objectif de mettre en évidence les relations existantes entre la croissance radiale et les facteurs locaux.

Un inventaire pied par pied a été réalisé dans chaque placette. Au totale 18 placettes de 2 à 6,25 ares ont été échantillonnées. Pour chaque arbre nous avons mesuré la hauteur et le diamètre à 1m30 du sol. Par la suite nous avons carotté l'arbre qui possède le diamètre moyen dans chaque placette et nous avons procédé à l'analyse des variations interannuelles des épaisseurs des cernes.

Les résultats obtenus montrent que les arbres manifestent une croissance variable sous l'effet de la station. L'âge a un effet négatif sur la croissance radiale au fil du temps. La sensibilité moyenne de la majorité des placettes est faible étant donné que les facteurs stationnels sont favorables, tandis qu'elle est légèrement élevée dans quelques placettes en raison de facteur l'âge et l'exposition Sud.

Mots clefs : *Cedrus atlantica* Manetti, paramètres dendrochronologiques, facteurs locaux, Djurdjura, Nord-Ouest.

Abstract:

A dendrochronological study has been envisaged in the natural cedraie of the north-western part of the Djurdjura massif (Thala-Guilef), with the aim of highlighting the existing relationships between radial growth and local factors.

A foot-by-foot inventory was conducted in each plot. A total of 18 plots of 2 to 6.25 ares were sampled. For each tree we measured the height and diameter at 1m30 of the ground. We then cored the tree with the average diameter in each plot and analysed the interannual variations in the thickness of the rings.

The results obtained show that the trees show variable growth under the influence of the station. Age has a negative effect on radial growth over time. The average sensitivity of the majority of plots is low because stationary factors are favourable, while it is slightly high in some plots because of age and southern exposure factors.

Keywords: *Cedrus atlantica* Manetti, dendrochronological parameters, local factors, Djurdjura, Northwest.