



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER**

**Domaine : SNV**      **Filière : Sciences Biologiques**  
**Spécialité : Biodiversité et environnement**

**Présenté par :**

***M. DJOUMI Mohamed Abdeldjalil***

***Thème***

**Contribution à l'étude de la variabilité stationnelle sur la croissance radiale du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau de Tikjda (Massif Djurdjura)**

**Soutenu le : 22 / 09 / 2018**

**Devant le jury composé de :**

***Nom et Prénom***

***Grade***

***M. MOUNI Lotfi***

***Prof.***

***Univ. de Bouira***

***Président***

***M. TAFER Mourad***

***MAA***

***Univ. de Bouira***

***Promoteur***

***M. HAMDANI Aziz***

***MAA***

***Univ. de Bouira***

***Examineur***

**Année Universitaire : 2017/2018**

# REMERCIEMENTS

Louanges à Dieu Le Tout Puissant, Le Miséricordieux.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. TAFER Mourad, MAA à l'université de Bouira, pour m'avoir encadré, dirigé et conseillé pour la réalisation de ce travail.

Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

J'exprime ma reconnaissance à M. MOUNI Lotfi, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Tout comme je me dois exprimer ma reconnaissance pour sa présence comme membre de jury à M. HAMDANI Aziz.

Mes remerciements vont aussi à Mme. TALEB, Inspectrice en chef des forêts au Parc National de Djurdjura, pour l'aide bénéfique qu'elle m'a accordée ainsi que pour la documentation nécessaire dont j'avais besoin.

Ma gratitude va aussi à M. NAITMESSAOUD Amar, Chef de circonscription des forêts de Sour El Ghozlane pour tout le soutien qu'il m'a apporté jusqu'à l'achèvement de ce travail.

# Dédicaces

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes dédicaces à ceux qui m'ont fait voir le bon côté des choses quand je ne voyais seulement que le pire, mes précieux parents, ma plus grande force dans la vie, pour qui aucune dédicace ne saurait leur rendre hommage.

À toute ma famille qui m'a été d'une grande aide et d'un soutien inconditionnel.

À tous les étudiants de ma promotion avec lesquels j'ai passé mes années de formation.

À la mémoire de feu **MESSAOUDENE Mahand**, directeur de recherche à l'INRF de Tizi-Ouzou.

# SOMMAIRE

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Introduction ..... 1

### Chapitre I : Monographie de l'espèce

#### 1. Le genre *Cedrus* ..... 2

##### 1.1. Historique ..... 2

##### 1.2. Systématique ..... 2

##### 1.3. Aire de répartition ..... 3

#### 2. Présentation du cèdre de l'Atlas ..... 5

##### 2.1. Caractères botaniques et dendrométriques ..... 5

##### 2.2. Aire de répartition géographique du cèdre de l'Atlas ..... 7

###### 2.2.1. Aire naturelle du cèdre de l'Atlas ..... 7

###### 2.2.2. Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas ..... 9

##### 2.3. Ecologie du cèdre de l'Atlas ..... 10

###### 2.3.1. Altitude ..... 10

###### 2.3.2. Exposition ..... 10

###### 2.3.3. Climat ..... 11

##### 2.3.4. Condition édaphiques ..... 12

##### 2.3. Intérêts du cèdre de l'Atlas ..... 12

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

#### 1. Historique du Parc National de Djurdjura ..... 14

#### 1. Situation géographique et administrative ..... 14

#### 2. Superficie ..... 15

#### 3. Occupation des sols ..... 16

4.	Cadre physique .....	16
4.1.	Géologie.....	16
4.2.	Géomorphologie .....	17
4.3.	Pédologie .....	17
4.4.	Hydrogéologie .....	18
4.5.	Hydrographie .....	18
4.6.	Climat .....	19
4.6.1.	Pluviométrie et Températures .....	19
4.6.2.	Synthèse climatique.....	20
4.6.3.	Neige .....	22
4.6.4.	La grêle.....	22
4.6.5.	La gelée .....	22
4.6.6.	Le brouillard .....	22
4.6.7.	Le vent.....	22
4.6.8.	L'humidité .....	22
5.	Cadre Biotique.....	23
5.1.	Flore.....	23
5.2.	Faune .....	23
5.2.1.	Mammifères .....	23
5.2.2.	Avifaune .....	24

### **Chapitre III : Méthodologie de travail**

1.	La dendrochronologie .....	25
1.1.	Définition.....	25
1.2.	La dendrochronologie et ses applications.....	25
1.3.	La croissance radiale .....	26
1.4.	Anomalies de croissance .....	27
2.	Echantillonnage .....	27

2.1.	Préparation des carottes .....	28
2.2.	Interdatation .....	29
2.3.	Mesure de la largeur des cernes .....	29
3.	Traitement et analyse des données numériques .....	30
3.1.	Analyse de la variation des épaisseurs des cernes .....	30
3.1.1.	Les courbes individuelles .....	30
3.1.2.	Les courbes maitresses .....	30
3.1.3.	Les courbes d'accroissements cumulés .....	31
3.2.	Paramètres statistique .....	31
3.2.1.	Epaisseur des cernes moyenne (ECM) .....	31
3.2.2.	Ecart-type .....	31
3.2.3.	Coefficient de variation .....	32
3.2.4.	Le coefficient d'interdatation (SR) .....	33

#### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

1.	Analyse des épaisseurs des cernes .....	34
1.1.	Courbes individuelles .....	34
1.2.	Courbes maitresses .....	37
1.3.	Synchronisation des courbes maitresses .....	40
1.4.	Courbes d'accroissements cumulés .....	41
2.	Paramètres statistiques .....	42
2.1.	Chronologies individuelles .....	42
2.2.	Comparaison des chronologies maitresses des trois stations .....	45
	<b>Conclusion</b> .....	47

#### **Références bibliographiques**

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig. N° 1:</b> Les aiguilles du cèdre en forme d'une rosette .....	2
<b>Fig. N° 2:</b> Répartition du genre Cedrus dans le monde. ....	3
<b>Fig. N° 3:</b> Un arbre de cèdre de l'Atlas de la station de Tikjda.....	4
<b>Fig. N° 4:</b> Aire de répartition naturelle du cèdre de l'Atlas .....	8
<b>Fig. N° 5:</b> Aire de répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie sur le climagramme d'EMBERGER.....	12
<b>Fig. N° 6:</b> Situation géographique du PND.....	14
<b>Fig. N° 7:</b> Carte des secteurs de gestion de PND.....	15
<b>Fig. N° 8:</b> Carte géologique du Djurdjura.....	17
<b>Fig. N° 9:</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN. ....	20
<b>Fig. N° 10:</b> Le climagramme d'EMBERGER. ....	21
<b>Fig. N° 11:</b> Situation des stations échantillonnées.....	27
<b>Fig. N° 12:</b> Dispositif d'interdatation et de mesure des épaisseurs des cernes.....	29
<b>Fig. N° 13:</b> Coupe transversale d'un tronc d'arbre .....	30
<b>Fig. N° 14:</b> Courbes individuelles de la station Tik 1.....	35
<b>Fig. N° 15:</b> Courbes individuelles de la station Tik 2.....	36
<b>Fig. N° 16:</b> Courbes individuelles de la station Tik 3.....	37
<b>Fig. N° 17:</b> La courbe de maitresse de la station Tik 1.....	38
<b>Fig. N° 18:</b> Courbe de maitresse de la station Tik 2. ....	39
<b>Fig. N° 19:</b> Courbe de maitresse de la station Tik 3. ....	40
<b>Fig. N° 20:</b> Confrontation des courbes maitresses.....	40
<b>Fig. N° 21:</b> Courbes d'accroissements cumulés. ....	41

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau N° I:</b> Caractères botaniques et biologiques comparés de quatre espèces du genre Cedrus.....	3
<b>Tableau N° II:</b> Aire de répartition du cèdre dans le monde.....	4
<b>Tableau N° III:</b> Evolution de la superficie du cèdre de l'Atlas.....	9
<b>Tableau N° IV:</b> Données climatiques extrapolées pour Tikjda à partir de Bouira. ....	19
<b>Tableau N° V:</b> Paramètres climatiques et valeur du quotient pluviothermique de la station de Tikjda. ....	21
<b>Tableau N° VI:</b> Différentes disciplines de la dendrochronologie et ses applications.....	26
<b>Tableau N° VII:</b> Variabilité des conditions de milieu et des peuplements échantillonnés dans la zone d'étude. ....	28
<b>Tableau N° VIII:</b> Les paramètres statistiques de la station Tik 1.....	42
<b>Tableau N° IX:</b> Les paramètres statistiques de la station Tik 2.....	43
<b>Tableau N° X:</b> Les paramètres statistiques de la station Tik 3. ....	44
<b>Tableau N° XI:</b> Données statistiques des trois stations.....	45

## Introduction

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), est une essence forestière endémique des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc. BOUDY (1950) l'a considérée comme étant l'essence noble par excellence, son histoire, son endémisme, son port majestueux et sa longévité sont les raisons de sa noblesse. Cette espèce occupe une place primordiale dans la forêt méditerranéenne et depuis longtemps présente un intérêt marquant en raison de ses nombreuses qualités forestières (faible inflammabilité, maintien d'un équilibre biologique, production ligneuse) et ornementale (son port esthétique)(TOTH, 1978 ; M'HIRIT, 1982).

Actuellement, l'aire de distribution naturelle du *Cedrus atlantica* est très morcelée. En Algérie, il est reparti sur des terrains de 30000 Ha de superficie (NEDJAH, 1988), partagée entre les deux Atlas, Tellien et Saharien. Cette aire est en continuelle régression et le cèdre s'expose de plus en plus à des contraintes naturelles et anthropiques variées, cela le rend dans un état de dégradation plus au moins avancée (BENABID, 1994). Les conditions climatiques, les incendies et la surexploitation sont à l'origine de cette dégradation (BENABID, 1994). Le dépérissement qui frappe fortement la cédraie de Belezma (BENTOUATI & BARITEAU, 2006) reflète bien la situation inquiétante de cette espèce. À cet égard, QUEZEL (2000) rapporte bien que les cédraies continentales du Maroc et de l'Algérie font face au risque de disparition dans les prochaines années du fait du changement climatique. Afin de mieux protéger le cèdre, il est très utile d'avoir des connaissances approfondies sur son écologie, sa régénération et les facteurs influents sur sa croissance.

Notre contribution s'inscrit dans le contexte global des études sur l'écologie du cèdre de l'Atlas et consiste à mettre en évidence la relation existante entre la croissance radiale et la variabilité stationnelle à travers les facteurs agissant sur sa productivité (Climat, exposition, pente, altitude, densité du peuplement...). Le présent travail est mené dans la cédraie de Tikjda et font appel à des techniques de la dendroécologie et une stratégie d'échantillonnage adéquate à ce genre d'étude. Il s'articule sur quatre chapitres :

- Monographie de l'espèce ;
- Description de la zone d'étude ;
- Méthodologie de travail ;
- Résultats et discussion.

## 1. Le genre *Cedrus*

### 1.1. Historique

Le cèdre apparaît au crétacé inférieur (120 millions d'années) sur des reliefs prononcés en Europe. Durant le Tertiaire ancien (entre 65 et 1 millions d'années), il couvrait une large superficie allant du Rhin (Europe) au Turgai (centre Asie). Du Miocène terminal au Pléistocène (entre 25 et 1 millions d'années), une espèce du cèdre Européenne connaît une histoire attestant d'une écologie recouvrant celle des trois espèces périméditerranéennes. Au cours du dernier cycle climatique (les 120 derniers millénaires), la variation de *Cedrus libani* et *Cedrus atlantica*, en bonne harmonie avec leur écologie présente, révèlent un potentiel plus large contrairement aux capacités d'extension et la place actuelle qu'ils occupent dans la végétation (PONS, 1998 *in* YAHI, 2007).

### 1.2. Systématique

Le cèdre, considéré comme une plante à graines (Spermatophytes), fait partie des plantes à ovules nus (Gymnospermes). Il appartient à la classe des Vectrices, ordre des Coniférales et la famille des Pinacées (TOTH, 2005).

Ce genre possède deux types de rameaux, les uns sont courts portant des aiguilles disposées en rosette, les autres longs où les aiguilles sont disposées en spirale ; telle est la différence remarquable avec les autres espèces de Pinacées (TOTH, 2005).



**Fig. N° 1:** Les aiguilles du cèdre en forme d'une rosette (MESSAOUDENE, 2013)

Le genre *Cedrus* englobe quatre espèces (M'HIRIT, 2006) :

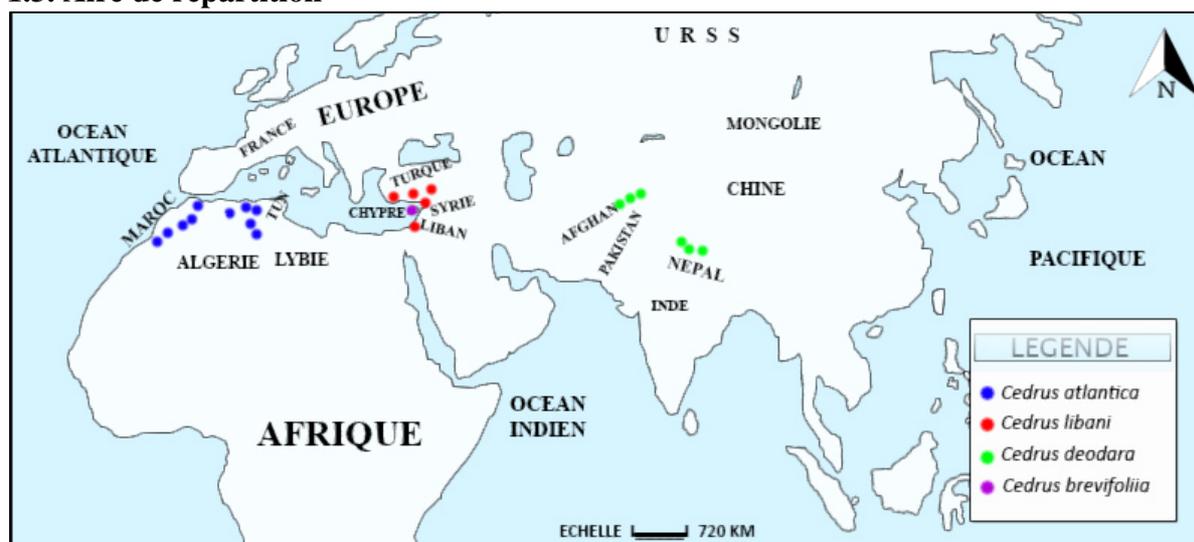
- Le cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia* Henry)
- Le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara* Loudon)
- Le cèdre du Liban (*Cedrus libani* Borell)
- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)

Ce dernier se retrouve principalement dans les régions montagneuses. La distinction entre les différentes espèces est basée sur des critères bio-morphologiques (LAARBIYA, 2004)(Tableau N°I).

**Tableau N° I:** Caractères botaniques et biologiques comparés de quatre espèces du genre *Cedrus* (FARJON, 1990 et TOTH, 2005 in DEMARTEAU, 2006).

Espèce	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cedrus libani</i>	<i>Cedrus brevifolia</i>	<i>Cedrus deodara</i>
Taille des aiguilles (cm)	1 à 2.5	1 à 3.5	0.5 à 1.5	2 à 6
Cônes : Longueur cm	5 à 8	8 à 12	5 à 10	7 à 13
Diamètre cm	3 à 5	3 à 6	3 à 6	5 à 9
Graine : Longueur (cm)	0.8 à 1.3	1 à 1.4	0.8 à 1.4	1 à 1.5
Envergure (cm)	2.5 à 3.5	3.5 à 4	3 à 4	3.5 à 4.5
Epoque de pollinisation	Mi-Septembre	Mi-Septembre	Début Septembre	Début Novembre
Durée de maturité	2 ans	2 ans	2 ans	1 an

### 1.3. Aire de répartition



**Fig. N° 2:** Répartition du genre *Cedrus* dans le monde (DERRIDJ, 1990).

L'aire de répartition du cèdre est assez vaste, mais morcelée. Son étendue va de l'Atlas Marocain jusqu'à l'Himalaya (Fig. N° 2), (Tableau N°II).

**Tableau N° II:** Superficie des aires de répartition du cèdre dans le monde

Espèces	Localisation	Superficie (ha)	
		QUEZEL 1998	M'HIRIT 1999
<i>Cedrus atlantica</i>	Atlas Algérien	20 000	30 400
	Atlas Marocain	90 000	130 000
<i>Cedrus libani</i>	Liban	-	1 700
	Syrie	Quelques centaines	-
	Turquie	-	160 000
<i>Cedrus brevifolia</i>	Chypre	700	-
<i>Cedrus deodara</i>	Inde	-	-
	Afghanistan	-	



**Fig. N° 3:** Un arbre de cèdre de l'Atlas de la station de Tikjda.

## 2. Présentation du cèdre de l'Atlas

### 2.1. Caractères botaniques et dendrométriques

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 *in* 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, elle sera de forme tabulaire avec le vieillissement de l'arbre (BOUDY, 1952).

#### b) L'écorce

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

#### c) Feuilles

Les feuilles ont des formes d'aiguilles persistantes (durent généralement 3 ans), peu aigues, raides et fines (AMIRAT, 2016). Elles ont une couleur verte ou glauque (M'HIRIT, 2006).

Selon BOUDY (1952), la longueur des feuilles est comprise entre 1 et 2 cm, par ailleurs DEZABAC (1964) *in* AMIRAT (2016) estime que leur longueur est de 25 mm en moyenne. Quant à KROUCHI (2010), d'après son étude faite à la cédraie de Tala Guilef (Djurdjura), sur deux échantillons, l'un de 30 arbres et l'autre 79, elle obtient une mesure moyenne de 18 mm.

#### 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). Quand le sol est peu profond ou présente des obstacles, l'enracinement devient latéral, provoquant des chablis.

#### e) Organes reproducteurs

Le cèdre de l'Atlas est une espèce monoïque, les inflorescences mâles (fleur mâle) sont des châtons 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 males et se développent en cônes (JACAMON, 1987 ; DERRIDJ, 1990 ; TOTH, 2005).

La pollinisation du cèdre de l'atlas est anémophile (ARBEZ *et 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 thèse consiste à considérer que la 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 de 6.28 cm de long et de 5.17 cm de diamètre avec un poids de 55.83g en moyenne (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 BELGAZI, 2000 ; TOTH, 2005).

TOTH (1973) indique que le plus grande nombre de cônes aux graines fertiles sont portés par les vieux cèdres.

#### **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'écaille (BOUDY, 1952).

#### **h) Longévité**

D'après TOUCHAN (2008), le cèdre de l'atlas peut survivre plus de 900 ans ; voire 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) Les bourgeons**

Petits de couleur grise jaunâtre (AMIRAT, 2016).

### **j) Bois**

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).

## **2.2. Aire de répartition géographique du cèdre de l'Atlas**

Espèce montagnard d'origine d'Afrique du nord, le cèdre de l'atlas occupe naturellement les hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc. Ce dernier a été introduit dans des pays hors de son aire naturelle d'abord comme espèce d'ornement et par la suite comme espèce de reboisement.

### **2.2.1. Aire naturelle du cèdre de l'Atlas**

L'aire naturelle du cèdre de l'atlas est très morcelée (BOUDY, 1950). Elle s'étend de l'Algérie au Maroc. Dans ce dernier pays se trouve la majeure partie (M'HIRIT, 1982), les cédraies se forment en deux blocs d'inégale importance énoncés ci-après (M'HIRIT, 1994) :

- **Le Rif** : Occupe la zone axiale de la chaîne rifaine avec 15000 ha environ (M'HIRIT, 2006).
- **Le Moyen Atlas et le Grand Atlas Oriental** : occupe une superficie de 122100 ha.

En Algérie, la répartition du cèdre de l'Atlas est moins importante que celle du Maroc, il présente une superficie d'environ 30000 ha (NEDJAH, 1988) alors que son aire climacique est estimée à 130000 ha (MATE, 2000 *in* YAHY 2007).

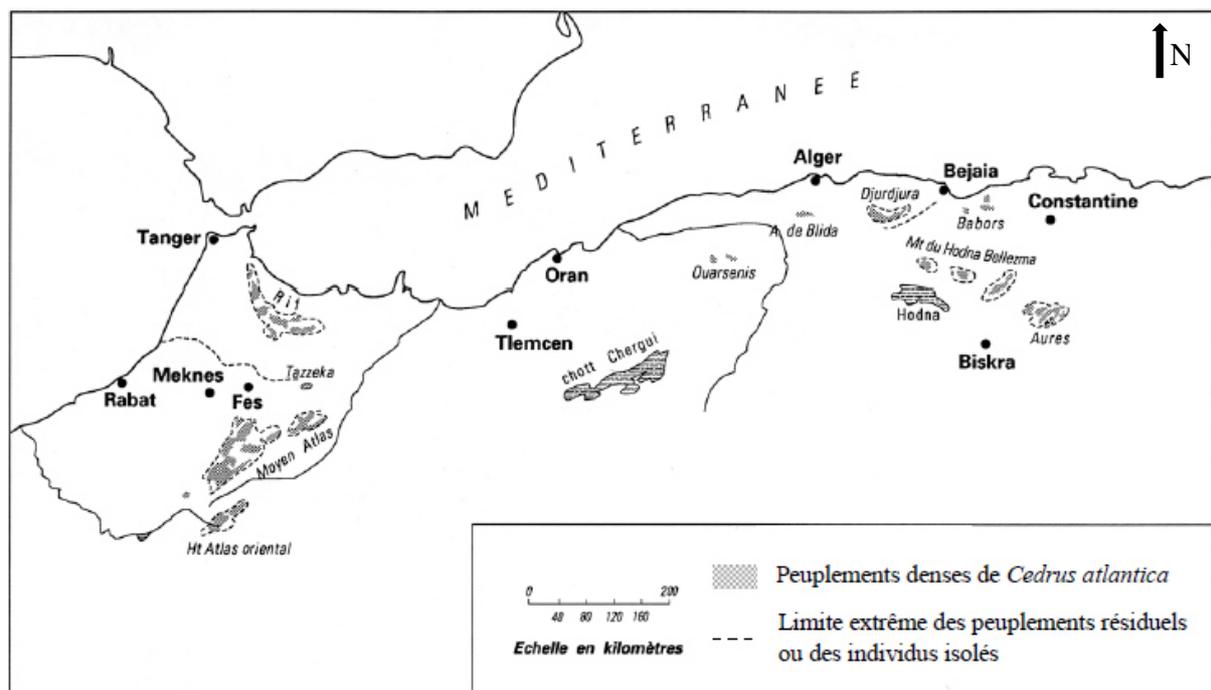


Fig. N° 4: Aire de répartition naturelle du cèdre de l'Atlas (QUEZEL, 1998)

La cédraie est répartie sur des ensembles naturels d'écologie sensiblement différente.

-Le premier est localisé sur les montagnes de l'Atlas Tellien bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, l'Atlas Blidéen, Ouarsenis), où se trouvent les cédraies humides. Il comprend les massifs des Babors (1.300 ha environ), le massif de Djurdjura (2.000 ha), de l'Ouarsenis (11.000 ha) et de mont Blidien (1.000 ha) (M'HIRIT 1994).

- Le second ensemble des cédraies sèches occupe les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien. Sa superficie et par conséquent la plus importante. Il est représenté à travers la région Est par les cédraies des Aurès et de Belezma, qui couvrent 17 000ha environ, réparties entre les massifs de Chélia, S'gag, Aidel, Ouled Yacoub et du Belezma, ainsi qu'à travers la région Ouest, les massifs de Maadid, Boutaleb et Guthiane (Hodna) occupent une superficie d'environ 8000 ha (NEDJAH, 1988).

La réévaluation des superficies actuelles de cédraies est fortement exigée pour chaque massif, pour que toutes les données soient homogènes, car ces peuplement sont subis une régression inquiétante, notamment avec la disparition de 13000 ha durant la période 1955-2006 comme indiqué dans le tableau ci-dessous (BELLOULA, 2010).

**Tableau N° III:** Evolution de la superficie du cèdre de l'Atlas.

	<b>BOUDY, 1955</b>	<b>INRF, 1995</b>	<b>DGF, 2006</b>
<b>Superficie du cèdre de l'atlas</b>	29.000 ha	23.000 ha	16.000 ha

### 2.2.2. Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'atlas a été naturalisé dans quelques pays circumméditerranéens, même dans le continent américain.

- **En France**

Des graines de *Cedrus atlantica* ont été importées d'Algérie pour la première fois en 1862, semées sur une superficie de 10 hectares au sud de la France (Mont de Ventoux) (TOTH, 1970). Cette même superficie s'est multipliée pour s'étendre sur 20000 ha en 1997 (TOTH, 2005). La France se place comme le pays le plus important qui est en possession de cédraies en dehors de l'aire naturelle de l'espèce.

- **En Italie**

La première introduction de cèdre de l'atlas a été faite en 1864 à Badia Prataglia (Arizo) (NEDJAH, 1988).

- **En Tunisie**

Au début des années 60, le cèdre de l'atlas fut introduit en Tunisie, et l'on a constaté une adaptation convenable (DAHMANE & KHODJA, 1994).

- **Autres pays**

L'introduction du cèdre de l'atlas a été signalée à travers plusieurs pays à l'instar des états unis (Pennsylvanie, New York, Cote pacifique), des reboisements à grande échelle en Ukraine et dans le Caucase (M'HIRIT, 1994).

## 2.3. Ecologie du cèdre de l'Atlas

### 2.3.1. Altitude

Le cèdre de l'Atlas est une espèce montagnaise, donc l'altitude présente un facteur essentiel de sa répartition.

PUJOS (1966) cité par BOUAKALINE et DEHLILIS (2013), note qu'il existe trois types de cédraies selon l'altitude :

- Les cédraies de basses altitudes situées entre 1800 et 1900m.
- Les cédraies de moyennes altitudes comprises entre 1900-2100m.
- Et les cédraies de hautes altitudes situant au-delà de 2100 m.

En Algérie, le cèdre de l'atlas apparait à partir de 1400 -1500 m sur le versant nord, et à partir de 1600 m en versant sud, du faite du décalage de 200 m en moyenne pour le Chélia qui peut atteindre 400 à 500 m au Belezma (ABDESSEMED, 1981). Dans le même contexte NEDJAH et HARFOUCHE (2003) notent que les cédraies algériennes peuvent descendre plus bas couvrant des versants d'une altitude atteignant 1000 à 1100 m voire jusqu'à 900 m d'altitude où les conditions microclimatiques seraient favorables. Par contre, la limite supérieure allant de 2200 m pour les deux versant jusqu'à 2300 m dans certains cas des d'individus isolés (ABDESSEMED, 1981). Cependant LEHOUEOU et *al.*, (1979) cité par MEDDOUR (2010), indiquent que les cédraies des plus hauts sommets sont plus ou moins dégradées.

Au Maroc, le cèdre est localisé dans les hauteurs à partir 1500m sur le Rif, à partir de 1600m sur le Moyen Atlas et à partir 1700 sur le Haut Atlas (M'HIRIT, 1982).

### 2.3.2. Exposition

En Algérie ou au Maroc, les versants Nord et Ouest supposés être les plus arrosés et humides, et qui sont également à l'abri des vents desséchants (sirocco), abritent les belles cédraies qui sont caractérisées par une bonne productivité et croissance ainsi qu'une régénération appréciable (DERRIDJ, 1990 ; EZZAHIRI et *al.*, 1994 ; HALITIME, 2006).

### 2.3.3. Climat

#### a. Températures

Selon BOUDY (1950), le cèdre croit sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14°C, mais il peut tolérer des températures minimales comprises entre -1 et -8°C (QUEZEL, 1980 ; BENABID, 1994).

#### b. Précipitations

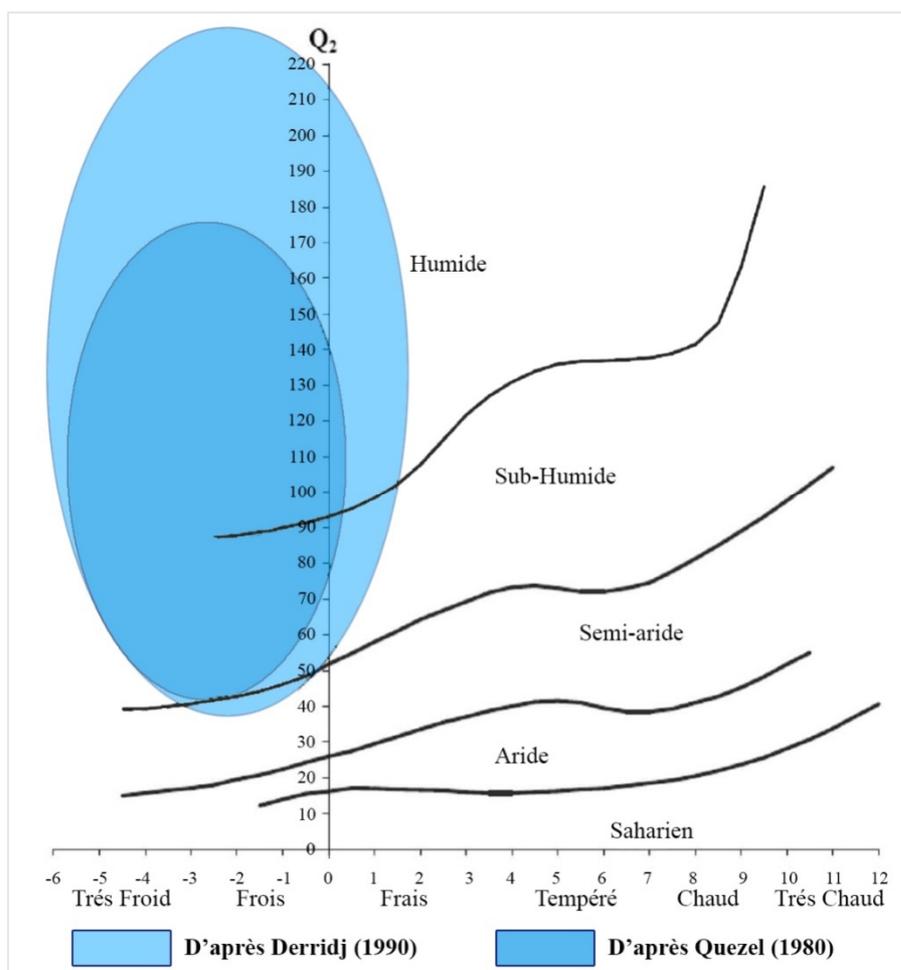
Les cédraies reçoivent une lame pluviométrique allant de 450 à 1500 mm dans ses pays d'origine (PUTOD, 1979 *in* ABDESSEMED 2010).

D'après DERRIDJ(1990), la pluviométrie annuelle des cèdres de Djurdjura des Babors, l'Ouarsenis, Chréa et Meurdja varie entre 1100 et 2100 mm/ an. Celles au niveau des Aurès, reçoivent une lame de pluies qui varie entre 450 et 500 mm et peut même atteindre 800 à 900 mm dans des conditions particuliers (BOUDY, 1950 ; M'HIRIT, 1982 ; TOTH, 1980 ; AUSSENAC, 1984). D'autre part, LE HOUEROU (1975) estime 600 mm de précipitation comme limite inférieure.

#### c. Etages bioclimatique

En Algérie, le cèdre de l'atlas s'adapte aux différents climats (KROUCHI, 2010) et est localisé dans divers étages bioclimatiques ; du semi-aride à hiver froid à l'humide selon la classification d'EMBERGER (AUSSENAC, 1984). L'optimum écologique du cèdre se situe en bioclimat méditerranéen humide à hiver froid (AUSSENAC, 1984 ; QUEZEL, 1976 *in* KROUCHI, 2010).

MEDDOUR (1994) note que les cédraies septentrionales (Atlas Blidéen, Djurdjura, et le massif des Babors) sont soumises à un bioclimat humide voire perhumide, variante fraîche voire froide, alors que celle méridionales (Hodna, Aures) sont soumises au étage bioclimatique subhumide froid (KROUCHI, 2010). ABDESSEMED (1981) ajoute que cette espèce est présente sous le bioclimat semi-aride supérieur dans les Aurès.



**Fig. N° 5:** Aire de répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie sur le climagramme d'EMBERGER.

### 2.3.4. Condition édaphiques

Le cèdre se développe mieux sur les sols meubles, profonds et drainants. Il redoute les sols mal drainés, asphyxiants et hydromorphes. La structure argileuse lui est défavorable (TOTH, 1971). Tant en Algérie qu'au Maroc, le cèdre est indifférent au pH du sol qui se situe entre 4 et 8 (BOUDY, 1952).

En Afrique du nord, se trouve sur les calcaires plus ou moins compacts du lias ou marneux du jurassique moyen, que sur les schistes calcaires ou gréseux ou les grès (ALILECHE, 2012). Les cédraies algériennes se rencontrent sur des sols développés avec substrats gréseux, schisteux ou calcaire (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

### 2.3. Intérêts du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'atlas est caractéristique non seulement de par sa facilité d'adaptation et sa rusticité mais aussi manifeste les avantages suivants :

- Assure une protection efficace du sol contre l'érosion, du faite de son système racinaire ramifié et profond.
- Dans les cédraies, les strates arbustives et herbacées sont réduites, cela contribue à la diminution du risque de propagation du feu (TOTH, 1980).
- De point de vue esthétique, le cèdre de l'Atlas présente un excellent arbre d'ornement, par sa silhouette élancée. Les arbres isolés assurent un ombrage frais et agréable avec leur ramure (TOTH, 1980).
- Le bois du cèdre est qualifié comme étant un excellent bois d'œuvre, son utilisation varie entre la menuiserie, l'ébénisterie, dans la construction, pour les traverses de chemins de fer, la papeterie, parquets, charpentes, en raison de son imputrescibilité (BOUDY 1952 ; TOTH, 1980).

## 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. A partir du 15 Décembre 1997, est classé réserve de la biosphère par l'UNESCO dans son programme MAB (Man And Biosphere) (LOUKKAS, 2006).

### 1. Situation géographique et administrative

Le Parc National du Djurdjura est à 150 Km au Sud-Est d'Alger et à 50 Km du littoral méditerranéen en pleine région Kabyle. Il occupe des territoires de deux Wilayas, Tizi-Ouzou (versant Nord) et Bouira (versant Sud) (Fig. N°6).

Il est compris entre les coordonnées géographiques :

- **Latitude** : 36°24'42'' et 36°32'02'' Nord
- **Longitude** : 03°57'23'' et 04°19'43'' Est

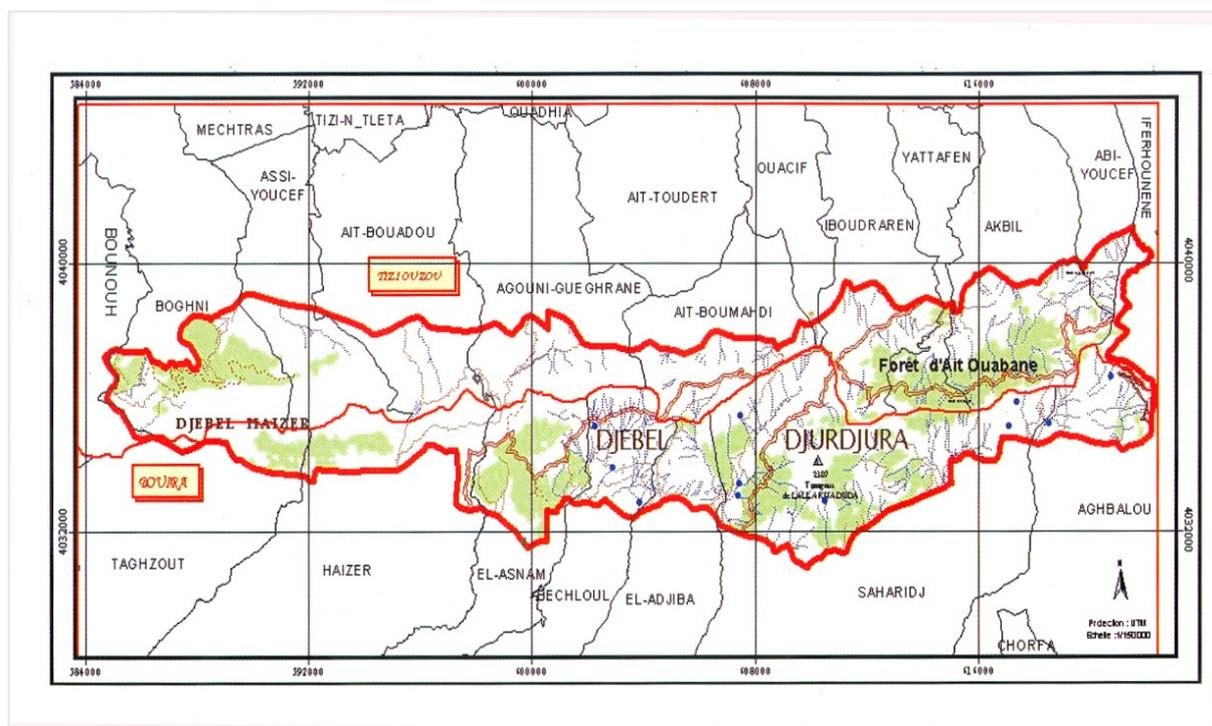


Fig. N° 6: Situation géographique du PND (LOUKKAS, 2006).

Le PND est un établissement public à caractère administratif, actuellement sous la tutelle du ministère de l'agriculture et du développement rural, géré au niveau local par la direction générale des forêts (D.G.F).

Comme mentionné ci-dessus, le P.N.D couvre 19 communes, 8 dans la Wilaya de Bouira et 11 dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Sur le plan administratif, le PND est découpé en 5 subdivisions de gestions appelées secteurs. Deux secteurs se localisent dans la Wilaya de Bouira (Tala Rana et Tikjda). Les deux autres dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (Ait Ouabane et Tala Guilef), tandis que le cinquième (Tirourda) se répartit entre les deux Wilayas à la partie extrême Est du parc (PND, 2013).

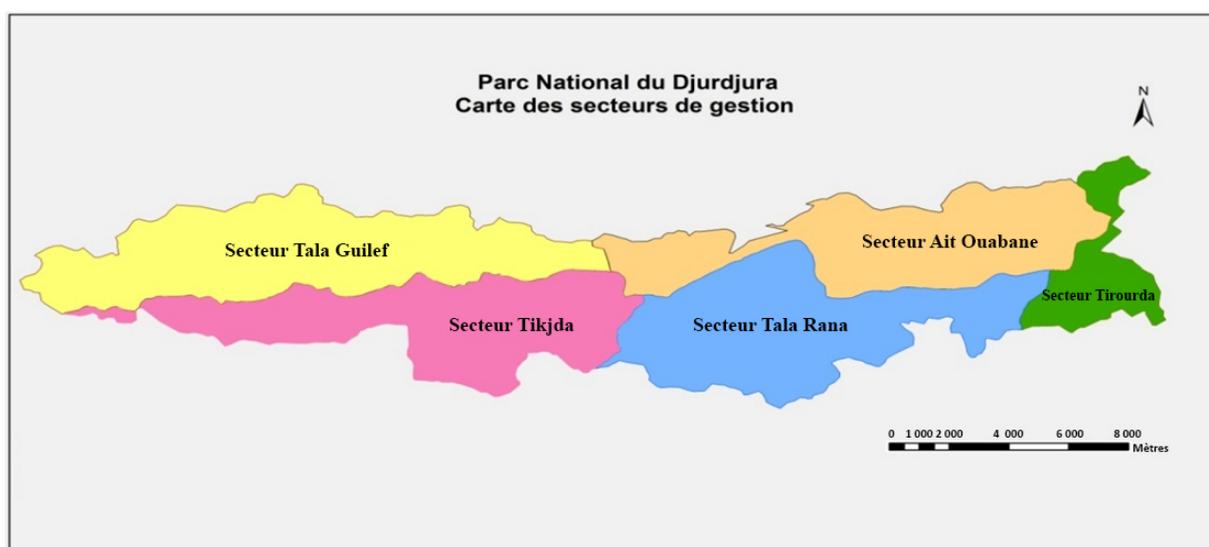


Fig. N° 7: Carte des secteurs de gestion de PND (PND, 2013)

## 2. Superficie

Le PND occupe une superficie de 18.550 Ha comme suit :

- **Versant Nord** : 10.304 Ha soit 55,74% (Wilaya de Tizi-Ouzou)
- **Versant Sud** : 8.210 Ha soit 44.26% (Wilaya de Bouira).

De point vue superficie, le PND se place au 5eme rang des parcs nationaux d'Algérie après Tlemcen, El Kala, Chréa et Belezma (PND, 2013).

Le secteur de Tikjda couvre une superficie de 3700 Ha (PND, 2013).

### 3. Occupation des sols

D'après la carte des unités écologiques élaborée par le PND (2011), on peut tirer les chiffres suivants :

- Les forêts : 5.672 Ha soit 30,58% de la superficie du parc ;
- Les pelouses : 6.907 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 4,1% de la superficie du parc ;
- Falaises et escarpement rocheux : 5.021 Ha soit 27,06% de la superficie de ce dernier.

### 4. Cadre physique

#### 4.1. Géologie

YAHY (2007) indique que le Djurdjura est constitué dans la majeure partie de sédiments calcaires ; l'auteur BELAID (1986) cité par MADJOUR (2015), avance dans le même contexte que ce massif est composé de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés. Ce dernier ajoute qu'au niveau de la station de Tala Guilef, la roche mère 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).

Le massif de Tigounatine présente du calcaire dolomitique du Lias inférieur, alors que le massif de Tikjda comporte des grès rouges du Trias (Fig N°8).

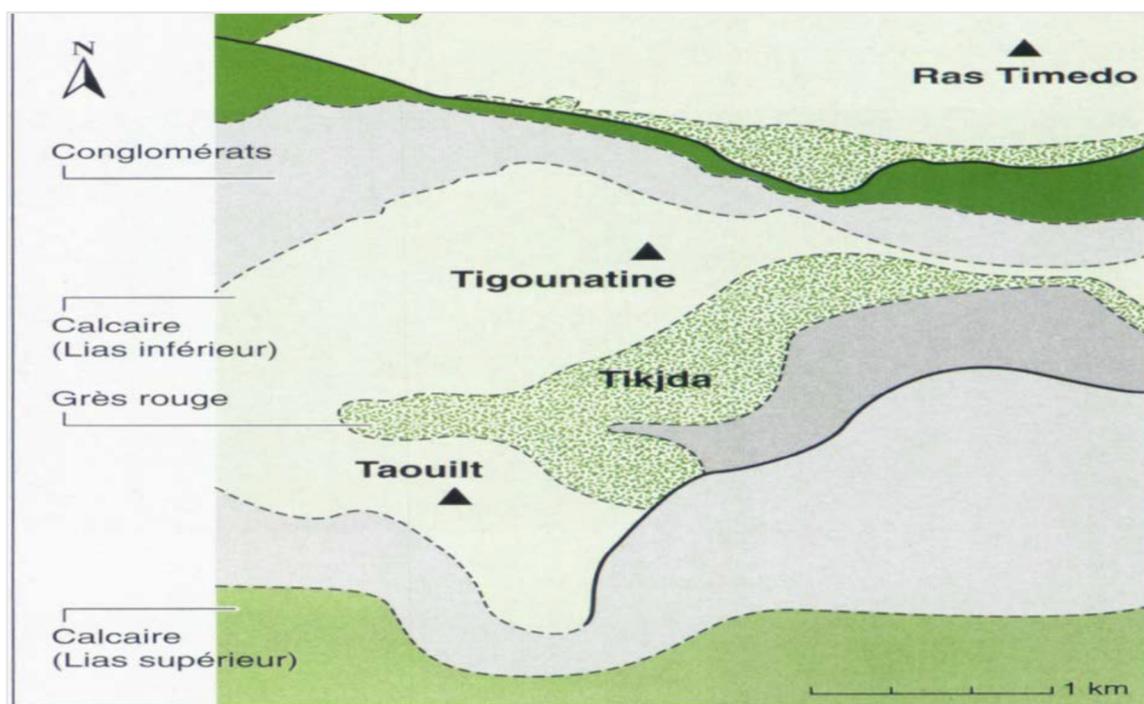


Fig. N° 8: Carte géologique du Djurdjura (FLANDRIN, 1952 in BENMOUFFOK, 1995)

#### 4.2. 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 (YAHY, 2007). Selon DEBUIIS et FAUREL (1949) cité par YAHY (2007), un énorme développement des roches krastiques (lapiaz, dolines, agounisetc.) qui est le résultat de la dissolution par les agents climatiques sur les calcaires dolomitiques qui sont fortement abondants dans le Djurdjura.

#### 4.3. Pédologie

BENMOUFFOK(1994) note que le sol du Djurdjura central est composé de deux types principaux :

- Des sols peu évolués, dans l'ensemble calcimagnésiques (rendzines autochtones) riche en éléments grossiers. Les profils sont de type AC, de faible à moyenne profondeur présentant un taux important de matière organique sur tout le profil, du fait de la nature de la roche mère (roche mère calcaire). Ces sols caractérisent surtout le versant nord, c'est la catégorie des sols la plus fréquente.

- Des sols bruns forestiers, acides, de type A(B) C évoluant sur un substratum géologique gréseux ainsi que les teneurs en matières organiques et les rapports C/N sont d'une manière relative élevés. Ces sols sont rencontrés sur le versant sud.

La région de TIKJDA reste mal renseignée de point de vue pédologique, il existe une seule étude qui a été faite par CHALABI (1980) et qui a abouti aux résultats suivants :

- pH plus au moins neutre
  - C/N est variable.
  - Sol limoneux et présente trois horizons :
    - 1- Horizon organique Ao.
    - 2- Horizon de couleur foncée de profil A<sub>1</sub>.
    - 3- Horizon C calcaire dolomitique qui est formé par l'altération de la roche mère.
- D'après ces résultats, le sol est classé comme suit :
- Classe : sol calcimagnésique.
  - Sous-classe : rendzine.
    - Groupe : rendzine dolomitique.

#### 4.4. Hydrogéologie

D'après ABDESSELAM (1995), le Djurdjura est constitué d'affleurements carbonatés krastiques arrosé ou se développent d'importants aquifères faisant de ce massif un ample réservoir d'eau ; les pluies sont vite absorbées et gagnent rapidement les réservoirs souterrains, avant de réapparaître aux points les plus bas des escarpements rocheux.

#### 4.5. Hydrographie

Le Djurdjura est doté d'un réseau hydrographique très dense qui varie de simples ruisseaux aux grands oueds coulants dans toutes les directions. Ce réseau alimente plus de 330 sources avec des débits allant de 0,01 litre/s à 424 litre/s. Outre les écoulements de surface qui sont représentés par 08 oueds permanent d'où naissent 03 cours d'eau qui comptent parmi les 07 plus grands cours d'eau d'Algérie (Isser, Soummam, et Sebaou). L'écoulement des pluies qui sont principalement torrentielles est dévastateur, avec des chutes en cascades et en débits élevés. Néanmoins, ce régime caractérise la saison humide. En été, il est sec partout, les sources soutiennent que l'étiage sur petites distances (ABDESSELAM, 1987 in LARBI, 2015 ; PND, 2013).

#### 4.6. Climat

Le Djurdjura est soumis au climat méditerranéen, caractérisé par l'influence continentale sur le versant sud et le versant Nord qui subit une influence maritime.

##### 4.6.1. Pluviométrie et Températures

Le Djurdjura reçoit une lame pluviométrique importante allant de 600mm à 2000 mm par an. Son climat est caractérisé par une très grande variabilité par rapport aux paramètres de pluviométrie et de températures (PND, 2013).

**Tableau N° IV:** Données climatiques extrapolées pour Tikjda à partir de Bouira (DAIFI& OSMANE, 2011).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	MOY
<b>m (°C)</b>	0,62	0,72	2,72	4,72	8,82	13,22	16,42	16,52	13,12	9,72	4,62	1,61	7,74
<b>M (°C)</b>	6,94	8,14	11,44	14,44	19,34	25,44	29,44	28,74	23,24	18,54	11,44	7,64	17,07
<b>(M+m)/2</b>	3,78	4,43	7,08	9,58	14,08	19,33	22,93	22,63	18,18	14,13	8,03	4,625	12,4
<b>P (mm)</b>	206,8	121,4	120,7	120,7	97,67	24,75	7,6	30,71	83,86	98,39	158,4	188,6	104,96
<b>Pt (mm)</b>	<b>1259,58</b>												

**M** : Moyenne mensuelle des températures maximales ; **m** : Moyenne mensuelle des températures minimales  
**(M+m)/2** : Températures moyennes mensuelles ; **P** : Précipitations ; **Pt** : Précipitations annuelle.

A partir des données du tableau (Tableau N° IV), on déduit que les mois les plus froids étant Janvier et Février avec des températures minimales respectivement 0.62 et 0.72 °C , et les mois les plus chauds où l'on enregistre les températures moyennes maximales 29.44 °C et 28.74 °C correspond aux mois de Juillet et Aout.

L'analyse du même tableau montrent la présence d'une distribution irrégulière des précipitations avec une période hivernale qui dépasse 516.8 mm dont janvier est le mois le plus arrosé suivi du mois de décembre avec des précipitations atteignant les 206.8 mm et 88.6 mm respectivement, par contre les précipitations des mois de la période estivale ne dépassent pas 63.06 mm, ou le faible taux enregistré est celui du mois du juillet avec 7.6 mm.

#### 4.6.2. Synthèse climatique

##### a. Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN

Ces deux auteurs considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations (P) en Millimètre est égal ou inférieure au double de la température (T) exprimé en degré Celsius, ( $P \leq 2T$ ) (BAGNOULS & GAUSSEN, 1953). Le diagramme Ombrothermique permet la détermination de la période sèche.

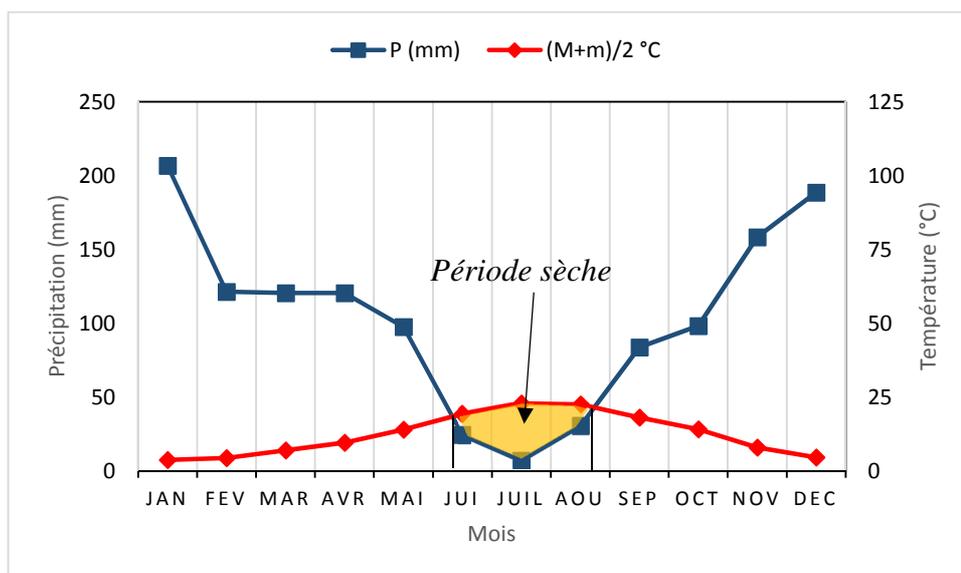


Fig. N° 9: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.

La figure 9 du diagramme ombrothermique montre que la période sèche d'environ deux mois qui s'étale du premier tiers du mois de juillet au troisième tiers du mois d'août. On note également que le mois le plus sec est le mois de juillet suite à la carence des précipitations et l'élévation des températures.

##### b. Le quotient pluviothermique d'EMBERGER

Ce quotient rend compte de la sécheresse d'un territoire et d'une manière générale exprime la résultante utile du climat pour la végétation, ce rapport pluviothermique est d'autant plus petit que le territoire est plus sec (EMBERGER, 1971), il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{(M+m)(M-m)}$$

P : Pluviométrie annuelle moyenne (mm)

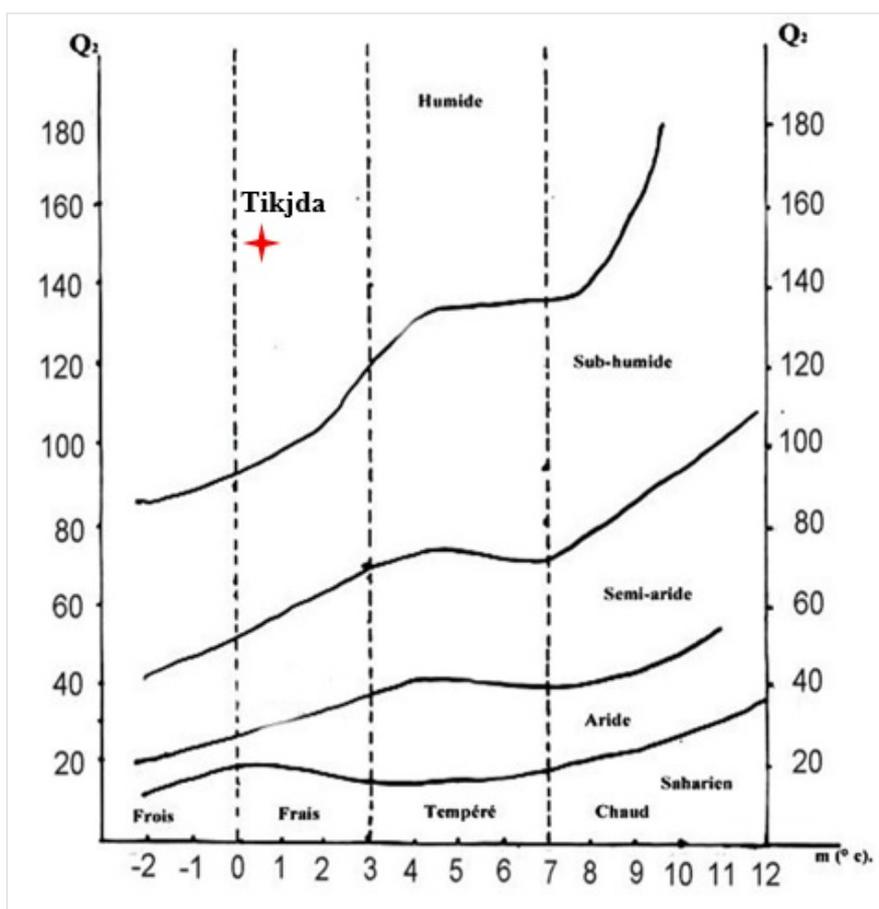
M : Moyenne maxima de mois le plus chaud (°K)

m: Moyenne des minima de mois le plus froid (°K)

En outre, EMBERGER (1971), lui associé la valeur de m, qui est un seuil biologique et réalise un graphique où les valeurs Q2 sont portées en ordonnées et les valeurs de m sont en abscisses.

**Tableau N° V:** Paramètres climatiques et valeur du quotient pluviothermique de la station de Tikjda.

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage Bioclimatique
Tikjda	1259,58	29,44	0,62	151,65	Humide à hiver frais



**Fig. N° 10:** Le climagramme d'EMBERGER.

### **4.6.3. Neige**

Le Djurdjura est connu par ses précipitations intenses, où la neige persisterait de Novembre jusqu'à Mai, les épaisseurs de la neige peuvent atteindre parfois 4 m avec persistance de trous à neige durant toute l'année (PND, 2013). D'un autre part, la durée de l'enneigement en Kabylie est de 15 jours/An au-dessus de 1000 m d'altitude (PEGUY, 1970 *in* ABED, 1984).

### **4.6.4. La grêle**

Selon ABDESSELAM (1995), le nombre de jours de grêle au Djurdjura dépasse 6 jours/An.

### **4.6.5. La gelée**

La période de gelée s'étale de Décembre à Mars formant une période de 115 à 145 jours (DAIFFI et OSMANE, 2011).

### **4.6.6. Le brouillard**

Il peut donner plus de 1mm d'eau par jour et jusqu'à 6mm/jour s'il est épais sous forme de bruine, ce qui constitue des rapports non négligeables (ABDESSELAM, 1995). Sa fréquence dans la région de Tala Guilef est élevée en particulier au mois de Mars (REMICHI, 1984 *in* BOUZEGZA et HALIT, 2009).

### **4.6.7. Le vent**

Le positionnement de la chaîne de Djurdjura la rend exposée aux vents frais et chargés d'humidité sur le versant Nord, et aux vents secs et chauds sur le versant Sud. Dans le versant Sud, on rencontre deux vents dominants d'orientation Ouest et Sud-Ouest. Le premier est humide et neigeux qui souffle en automne et en hiver, alors que le deuxième est sec et chaud (Sirocco). Le Sirocco est fréquent sur le versant Sud (74,4 jours/An à El Asnam W.Bouira) tandis qu'il est moins fréquent sur le versant Nord (37,3 jours/An à Tizi-Ouzou) (ABDESSELAM, 1995).

### **4.6.8. L'humidité**

L'humidité relative enregistrée sous abri en altitude est supérieure à 65% et moins de 50% en été, dans des cas rare où elle descend en dessous de 25% (ABDESSELAM, 1995).

## 5. Cadre Biotique

### 5.1. Flore

D'après QUIZEL (1957), le Djurdjura abrite le tiers de la flore algérienne. Actuellement 1100 taxa spécifiques et subsécifiques de végétaux sont recensés sur les 185 km<sup>2</sup> du territoire du PND et ses dépendances orientales (Azerou n'Thor, Chellata), appartiennent à 91 familles (Pnd, 2013).

Ces taxa sont repartis comme suite :

- **Ptérédophytes** : 25 espèces et 4 familles ;
- **Gymnospermes** : 10 espèces et 4 familles ;
- **Angiospermes** : -**Monocotylédones** : 78 espèces et 12 familles ;

-**Dicotylédones** : 994 espèces et 71 familles.

DERRIDJ(1980) mentionne que les associations forestières de chêne vert et cèdre de l'atlas sont les associations principales dans le Djurdjura, dans ce même contexte ajoute LOUKKAS (2006) que les plus grandes parties des formations sylvatiques revient aux cédraies pures (40%), puis les formations de cédraies chênaies (30%) et en dernier les chênaies verts (13%).

Le taux d'endémisme au PND est très important, une large liste d'espèces est recensé à savoir : *Pinus nigrasp. Mauritanica*, *Agropyrum marginatumssp. Kabylicum*, *Aristolochialongasp. Fontanesiivar. djurdjurae*, *Campanuladjurdjurae*, *Drypterisaculeata var. djurdjurae*, *Poaalpina var. djurdjurae* (LOUKKAS, 2006).

### 5.2. Faune

Le Djurdjura est connu par ses milieux et ses habitats diversifié, ce qui le rend un lieu très privilégié par la faune, et cela justifie la grande richesse qui lui possède.

#### 5.2.1. Mammifères

Le PND abrite 34 espèces de mammifères, parmi elles il existe douze espèces de Chiroptères, soit 50 % des espèces de *chauves-souris* recensées en Algérie, dont 9 espèces sont protégées par la Loi (décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012, paru au Journal officiel n° 53)(PND, 2013).

Le parc compte aussi 10 espèces terrestres qui sont également protégées, à titre d'exemple, on peut citer :

- 1 espèce probable : serval (*Felis serval*)
- 1 espèce rarissime : lynx caracal (*Caracal algirus*)
- 1 espèce rare : hyène rayée (*Hyaena hyaena*)
- 1 espèce assez rare : chat sauvage (*Felis silvestris*)

### 5.2.2. Avifaune

Le caractère montagneux du Djurdjura et l'existence de nombreuses falaises et zones rocheuses à éboulis, fait de la zone un habitat très favorable pour une gamme diversifiée d'avifaune, notamment les rapaces.

Il y a eu un recensement de 130 espèces appartenant à 34 familles, réparties selon leur statut phénologique (PND, 2013) :

- 74 espèces sédentaires (ou nicheuses)
- 38 espèces migratrices estivantes nicheuses
- 16 espèces migratrices hivernantes
- 2 espèces migratrices double passage, rare ou très rare (Tarin des aulnes et vautour moine).

En plus des mammifères et des oiseaux, 18 espèces de reptiles ont été recensés dont 6 sont protégées, 7 espèces d'amphibiens, 3 espèces de mollusques et encore l'existence de 237 espèces d'insectes dont 13 espèces sont protégées) (PND, 2013).

## **1. La dendrochronologie**

### **1.1.Définition**

L'astronome ANDREW ELLIOT DOUGLASS (1867-1962) est le premier à mettre les bases de la nouvelle science à l'université d'Arizona à Tucson.

Etymologiquement, la dendrochronologie signifie « Dendro : arbre, Chronos : Temps, 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).

LOUD (2004) cité par ALILECHE (2012) l'a défini comme « Discipline scientifique basée sur l'analyse des cernes de croissance des arbres et de leurs variations interannuelles en fonction des facteurs écologiques environnants ».

### **1.2.La dendrochronologie et ses applications**

La dendrochronologie a été utilisée en premier lieu dans des disciplines telles que l'archéologie et la climatologie pour la datation précise d'arbres « fossiles » ou la reconstruction du climat passé. Cet outil est devenu de plus en plus utilisable pour les études environnementales et la détection des changements environnementaux (LEBOURGEOIS & MERIAN, 2012). Actuellement, toutes les disciplines qui utilisent directement ou indirectement l'information « date » contenue dans une série chronologique de cernes sont regroupées sous l'appellation dendrochronologie (LEBOURGEOIS & MERIAN, 2012). Le tableau ci-après montre la différence entre ces disciplines.

**Tableau N° VI:** Différentes disciplines de la dendrochronologie et ses applications (LEBOURGEOIS & MERIAN, 2012)

Domaine	Discipline	Applications
Ecologie	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	Eruptions volcaniques...
Anthropologie	Dendroarchéologie, Dendroglaciologie	Datation des constructions anciennes, arbres fossiles, monuments historiques...

### 1.3.La croissance radiale

Dans les régions tempérées ou 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 (DEMARTIN, 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).

### 1.4. Anomalies de croissance

- 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).

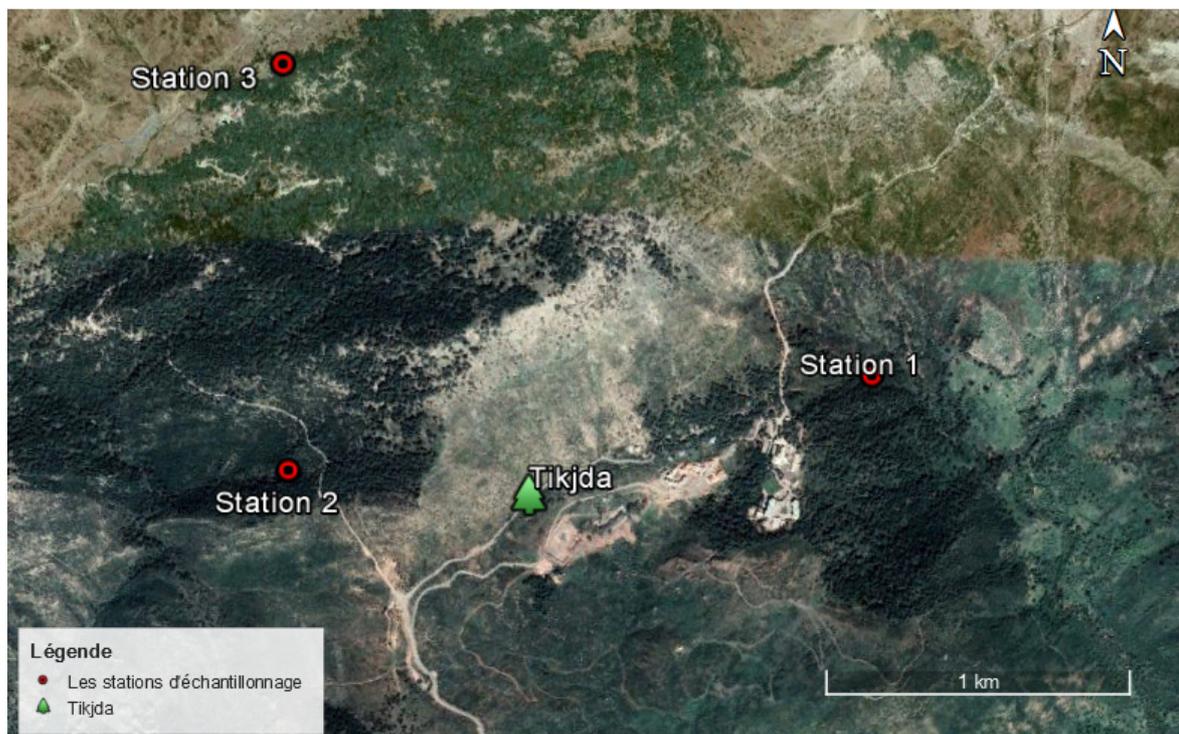
-Cerne manquant : C'est un phénomène où le cambium peut rester inactif sans former des cernes pendant les conditions de croissance difficile, souvent observé chez les arbres âgés, stressés par la sécheresse ou défoliés par les insectes (ALILECHE, 2012).

-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).

- Bois final à cellules aux parois minces donnant des cernes pâles (Lights rings)(FILION,1986 in ALILECHE, 2012).

## 2. Echantillonnage

Trois stations écologiques dans le secteur de Tikjda ont été définies (Fig. N°11) selon un type d'échantillonnage stratifié en fonction des variations stationnelles (Pente, Exposition). Alors, au niveau de chaque station, 15 arbres vivants ont été carottés à raison de deux carottes par arbre pour un total de 90 carottes.



**Fig. N° 11:** Situation des stations échantillonnées

**Tableau N° VII:** Variabilité des conditions de milieu et des peuplements échantillonnés dans la zone d'étude.

Station	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	Exposition	Pente Moy.
Tikjda 01	Lat. : 36°27'1.61"N Long. : 4° 7'51.70"E	1400	E	60 %
Tikjda 02	Lat. : 36°26'52.00"N Long. : 4° 6'40.26"E	1430	SW	40%
Tikjda 03	Lat. : 36°27'32.17"N Long. : 4° 6'40.43"E	1550	NW	20%

Ces sujets sont carottés à cœur de 1.30 m (à la hauteur d'un homme) à l'aide d'une tarière de Pressler de 5 mm de diamètre et 60 cm de longueur et de manière perpendiculaire à pente.

Les arbres choisis sont loin de tout facteur micro-stationnel (aligner aux cours d'eau, au bord des oueds...etc.) qui pourrait les influencer en dehors des autres arbres de de la région d'étude, afin d'obtenir seulement les échantillons les plus représentative du site.

Le carottage est effectué dans une direction précise en évitant les défauts visibles sur le tronc (gélivure, blessures).

Dans un terrain plat à pente réduite, la 1<sup>ère</sup> carotte est prélevée dans la direction nord et l'autre dans la direction sud. Dans le cas où la zone est en pente, on prélève une carotte à l'amont de l'arbre et une autre en aval.

L'échantillonnage et la lecture des cernes ont été faits par une équipe de chercheurs du laboratoire « Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles et Assurances Qualité » de l'université de Bouira.

### 2.1. Préparation des carottes

Les carottes obtenues ont été collées sur des réglettes en bois rainurées à un diamètre de 5 mm (le diamètre de la carotte) d'une façon perpendiculaire à la surface. Ensuite, les carottes ont été soigneusement poncées avec du papier abrasif, pour faire apparaître les cernes de croissance sur le plan de la section transversale et par la suite cela va permettre d'obtenir une bonne visibilité de la structure anatomique des cernes (ROZAS, 2001 *in* EGLANTINE, 2007).

## 2.2. Inter-datation

Le principe fondamental de cette inter-datation (ou Cross-dating) repose sur l'existence « d'années caractéristiques » auxquelles correspondent des conditions de croissance remarquables (LEBOURGEOIS & 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 *et al.*, 1989; GRISSINO-MAYER, 2001; BUNN, 2010 *in* LEBOURGEOIS & MERIAN, 2012).



**Fig. N° 12:** Dispositif d'inter-datation et de mesure des épaisseurs des cernes.

Cette opération a été effectuée à l'aide d'une loupe binoculaire où la lecture s'effectue de l'écorce vers la moelle.

## 2.3. Mesure de la largeur des cernes

La mesure des largeurs de cernes annuelles ont été effectuée à l'aide d'un instrument LinTab relié à logiciel d'enregistrement nommé TSAP (Time Series Analysis and Presentation) installé dans un micro-ordinateur. Cette étape permet de mesurer la largeur totale du cerne annuel avec une précision de 1/100 mm et de vérifier le synchronisme entre les courbes.

Le travail a été fait à la station régionale INRF d'Azazga (Tizi Ouzou).

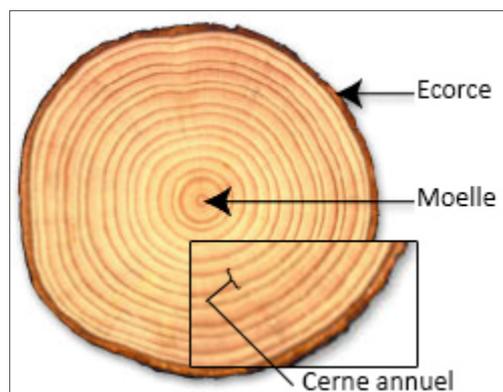


Fig. N° 13: Coupe transversale d'un tronc d'arbre.

### 3. Traitement et analyse des données numériques

#### 3.1. Analyse de la variation des épaisseurs des cernes

Cette étape consiste à élaborer et analyser quatre types de chronologies. A chaque carotte est donc attribuée une chronologie appelée chronologie élémentaire. La moyenne des chronologies élémentaires d'un même arbre sont appelées chronologies individuelles. La moyenne de chronologies élémentaires de chaque population est appelée chronologie maitresse. Enfin, la chronologie cumulée exprime le rythme de croissance de chaque population en fonction de l'âge, sur la base des accroissements courants annuels cumulés (TESSIER 1984 ; MESSAOUDENE, 1989).

##### 3.1.1. Les courbes individuelles

Elles donnent l'allure de la croissance moyennes des séries élémentaires relatives à un même arbre, et permet de ressortir les années caractéristiques et d'éliminer l'effet directionnel sur la croissance radial et garder que l'effet du milieu sur l'arbre Elles représentent les variations propres à l'arbre (MESSAOUEDENE et TESSIER, 1991)

##### 3.1.2. Les courbes maitresses

Les chronologies maitresses permettent de représenter chaque population (station) par une courbe maitresse, 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 intrinsèques et extrinsèques sont minimisées (TESSIER, 1984 ; MESSAOUDENE, 1989).

### 3.1.3. 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).

### 3.2. Paramètres statistique

Dès que l'analyse des courbes de variation de l'épaisseur sont achevées, il est entendu que pour chaque série individuelle et maitresse des paramètres statistiques et dendrochronologiques ont été calculés. 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).

Ces paramètres sont :

#### 3.2.1. Epaisseur des cernes moyenne (ECM)

Afin de déterminer la courbe de variation d'épaisseur moyenne des cernes de chaque arbre, la moyenne des cernes doit être calculée. L'ECM est calculé pour chaque arbre et chaque station sur toute la longueur de la chronologie. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$\bar{X}_t = 1/N \sum_{t=1}^{t=n} X_{tc}$$

**X<sub>tc</sub>** : Epaisseur du cerne d'une année t pour une chronologie c ;

**N** : Nombre de chronologie prise en compte ;

**$\bar{X}_t$**  : Croissance moyenne à l'année t.

#### 3.2.2. Ecart-type

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

$$S = \frac{1}{n} \sum_{1}^n (X_1 - \bar{X})^2$$

### 3.2.3. 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 ;

**$\sigma$**  : Ecart-type ;

**$\bar{X}$**  : La moyenne

### 3.2.4 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 :

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

**$S_j$**  : Sensibilité moyenne des séries ;

**$X_t$**  : épaisseur du cerne à l'année t ;

**$X_{(t+1)}$**  : épaisseur du cerne à l'année t+1 ;

**n** : nombre d'année disponibles.

Pour la population entière, la sensibilité moyenne est :

$$SM = \frac{1}{n-1} \times \sum_{t=1}^{t=n-1} S_j$$

**SM** : Sensibilité Moyenne de la population.

Ce coefficient mesure l'ampleur des changements à court terme affectant l'épaisseur des cernes et varie de 0, pour deux cernes successifs égaux, à 2 lorsque l'épaisseur de l'un d'entre eux est nul (TESSIER, 1984).

#### 3.2.4. 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 :

$$SR = \frac{SM_m}{SM_i}$$

**SR** : Coefficient d'inter-datation ;

**SM<sub>m</sub>** : sensibilité calculée sur la chronologie maîtresse ;

**SM<sub>i</sub>** : 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 inter-datation car ses valeurs diffèrent nettement des groupes synchrones à des groupes établis au hasard (MUNAUT, 1966 in GUIBAL, 1981).

## **1. Analyse des épaisseurs des cernes**

### **1.1. Courbes individuelles**

L'analyse des chronologies individuelles sur l'ensemble des stations montre une fluctuation des épaisseurs parfois en creux, parfois en pics avec un profil des courbes qui suit une tendance régressive avec l'âge pour la plupart des sujets.

#### **a. Station Tik 1**

Sur l'ensemble des chronologies individuelles, l'âge des arbres oscille entre 64 à 108 ans. Le cerne le plus épais date de l'année 1980 avec une épaisseur de 5,31 mm au niveau de l'individu A12, et concernant le plus mince est au niveau de l'individu A8 en 2001 avec une épaisseur de 0.08 mm.

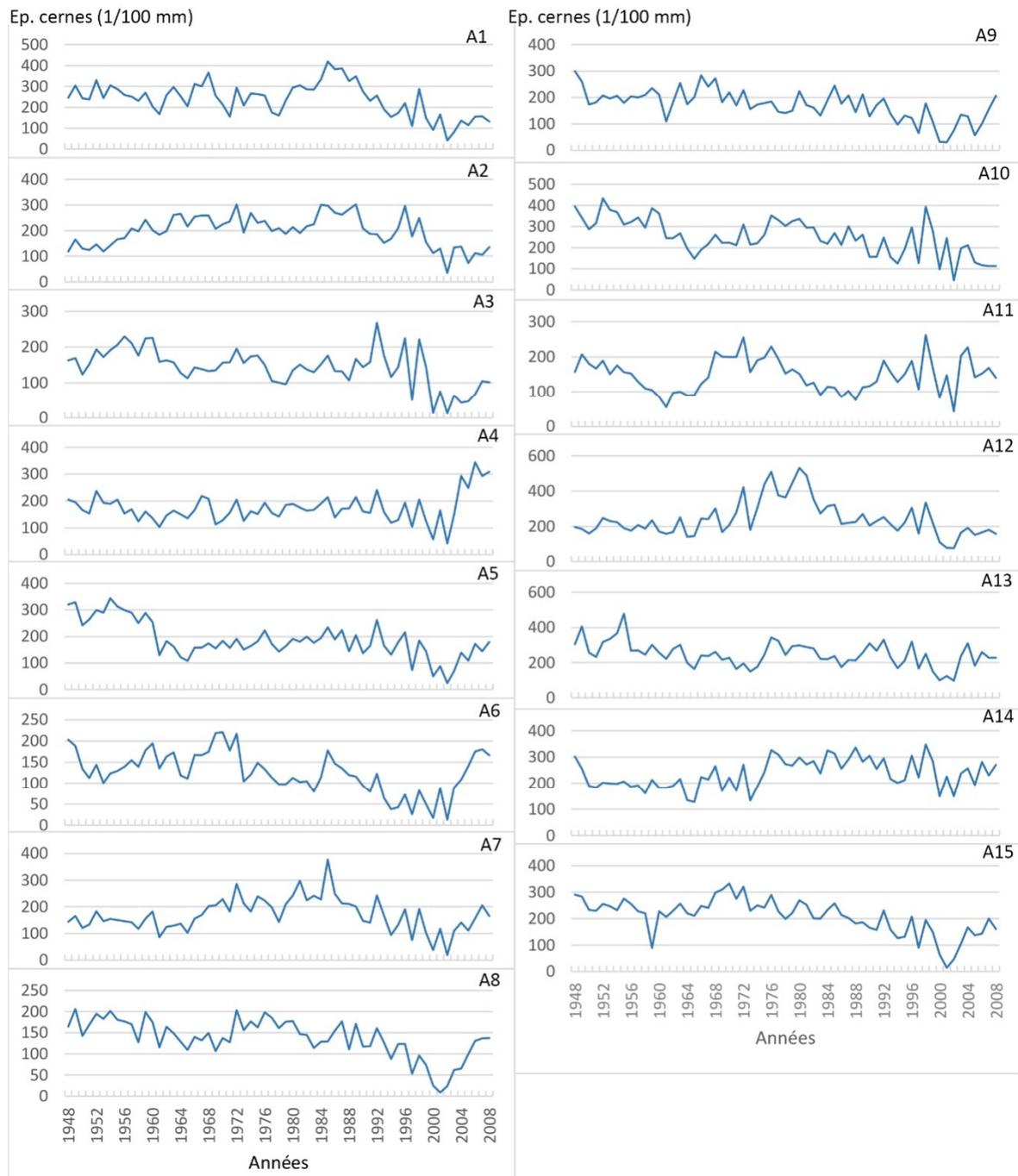


Fig. N° 14: Courbes individuelles de la station Tik 1.

**b. Station Tik 2**

L'âge des sujets de la station Tik 2 varie de 69 à 94 ans, le cerne le plus mince est enregistré en 2002 avec une épaisseur de 0,12 mm chez le sujet 12 alors que le plus épais se localise au niveau du sujet A1 en 1987 avec une valeur de 4.51 mm.

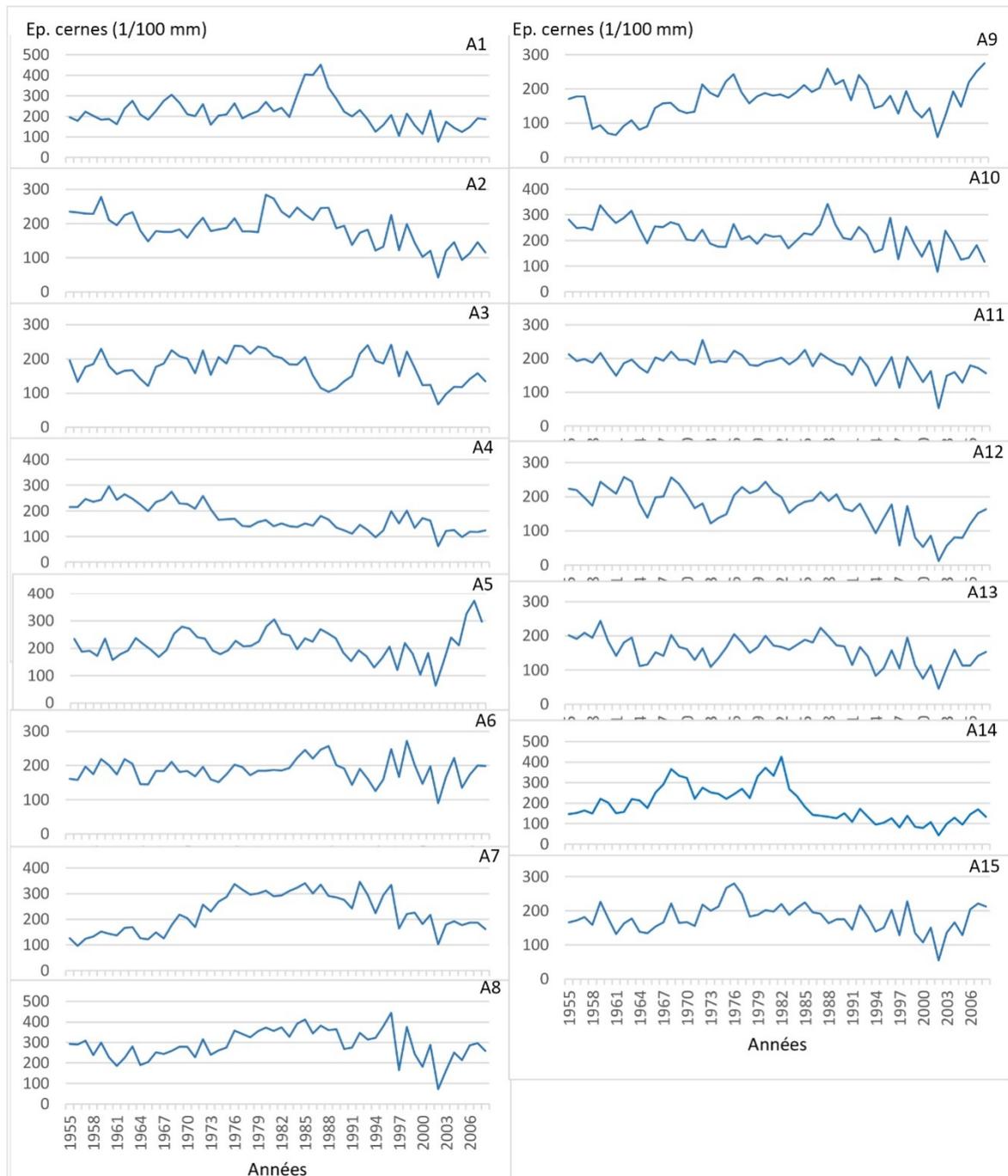


Fig. N° 15: Courbes individuelles de la station Tik 2.

**c. Station Tik 3**

Les individus de cette station sont de 49 à 73 ans d'âge, qui fait que la station est la plus jeune des autres stations. En ce qui concerne l'épaisseur des cernes, la plus grande valeur de 6.96 mm a été enregistrée en 1968 au niveau du sujet A6 alors que la plus mince est de 0.51 mm enregistré en 2002 au niveau de l'arbre 11.

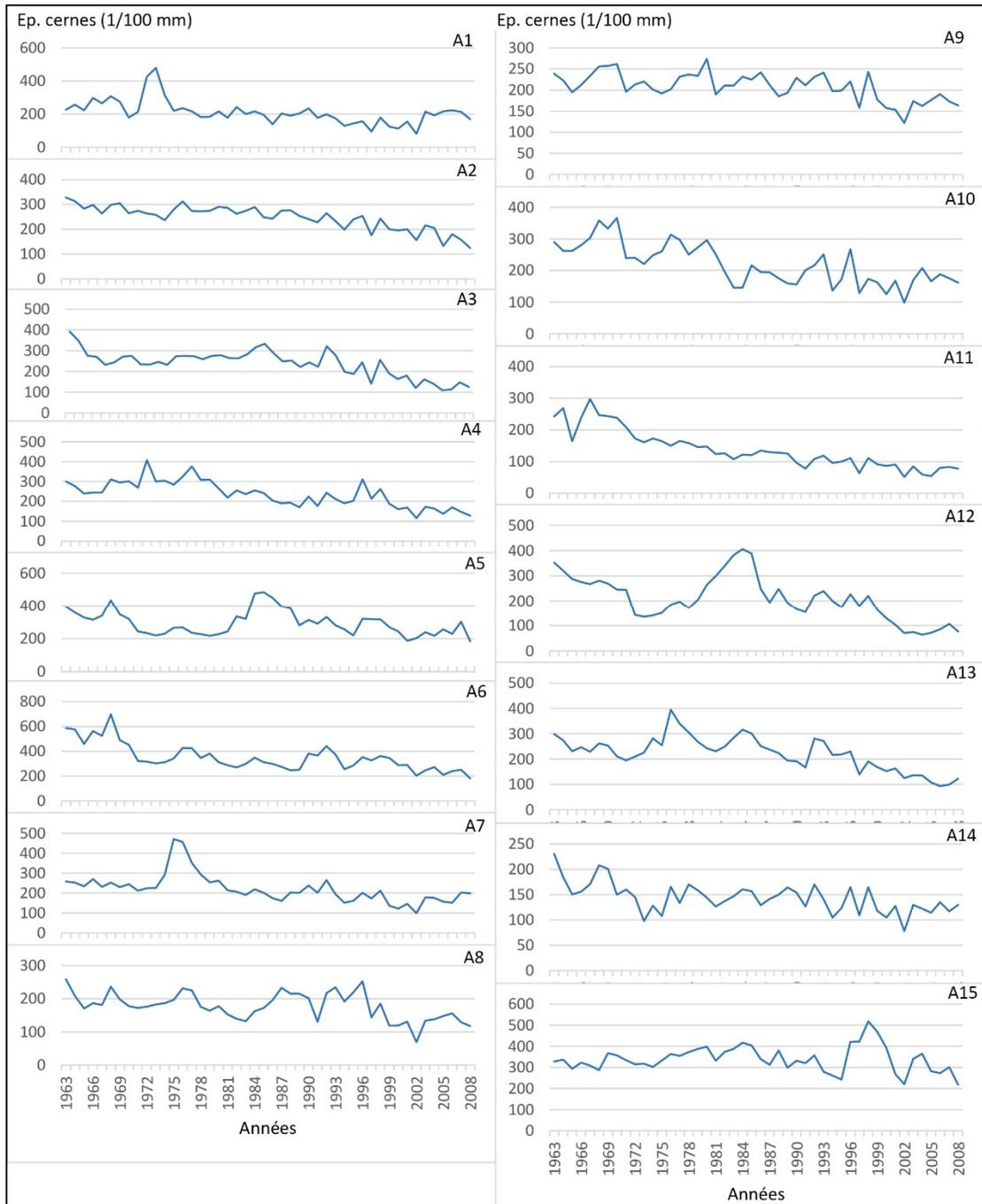
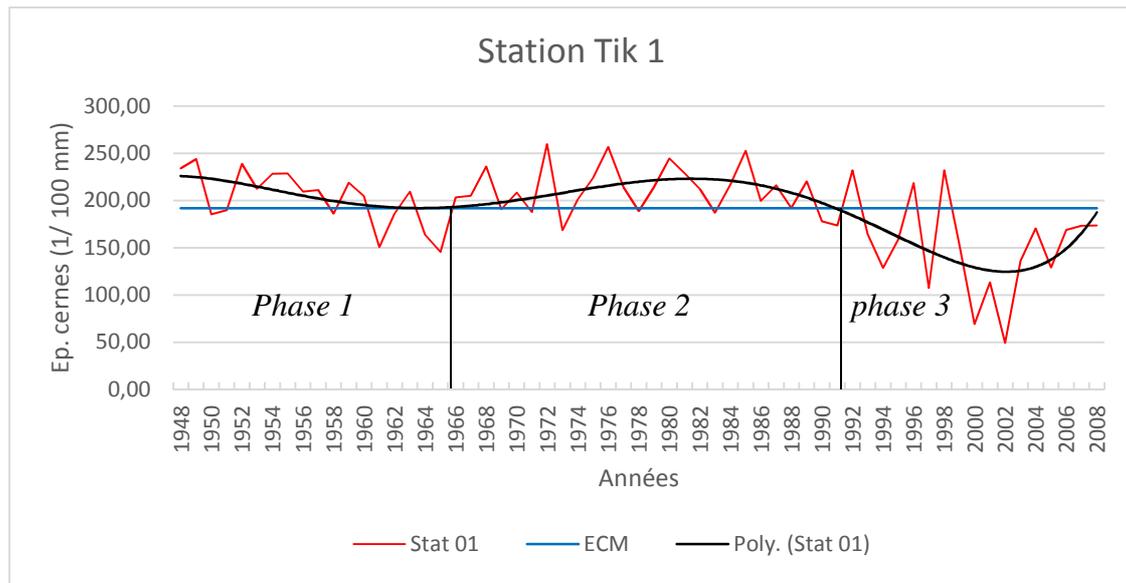


Fig. N° 16: Courbes individuelles de la station Tik 3.

## 1.2. Courbes maitresses

### a. Station Tik 1

Cette courbe montre clairement l'évolution de la croissance radiale sur toute la chronologie.

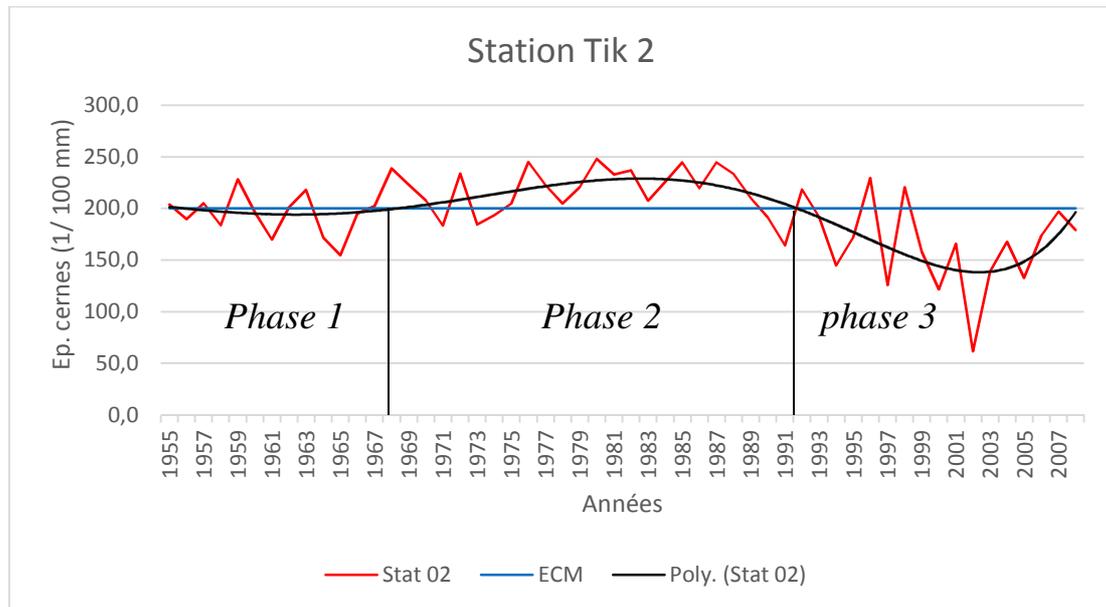


**Fig. N° 17:** La courbe de maitresse de la station Tik 1.

Suite à l'évolution de la courbe de maitresse en fonction des années, trois phases y sont distinguées :

- **Une phase 1 [1948-1966]** : où on a une diminution des épaisseurs durant les années, caractérisée par une variation de moyenne entre les épaisseurs des cernes. L'allure de la courbe suit une tendance exponentielle négative.
- **Une phase 2 [1966-1991]** : sur laquelle on observe une croissance rapide et on note le retour de l'activité cambiale. Cette activité peut être traduite par l'amélioration des facteurs stationnels notamment le climat.
- **Une phase 3 [1991-2008]** : c'est la phase de décélération. Les variations annuelles des épaisseurs montrent des cernes épais ou minces de très forte amplitude où l'allure générale de la courbe revient à un type exponentiel négatif.

**b. Station Tik 2**



**Fig. N° 18:** Courbe de maitresse de la station Tik 2.

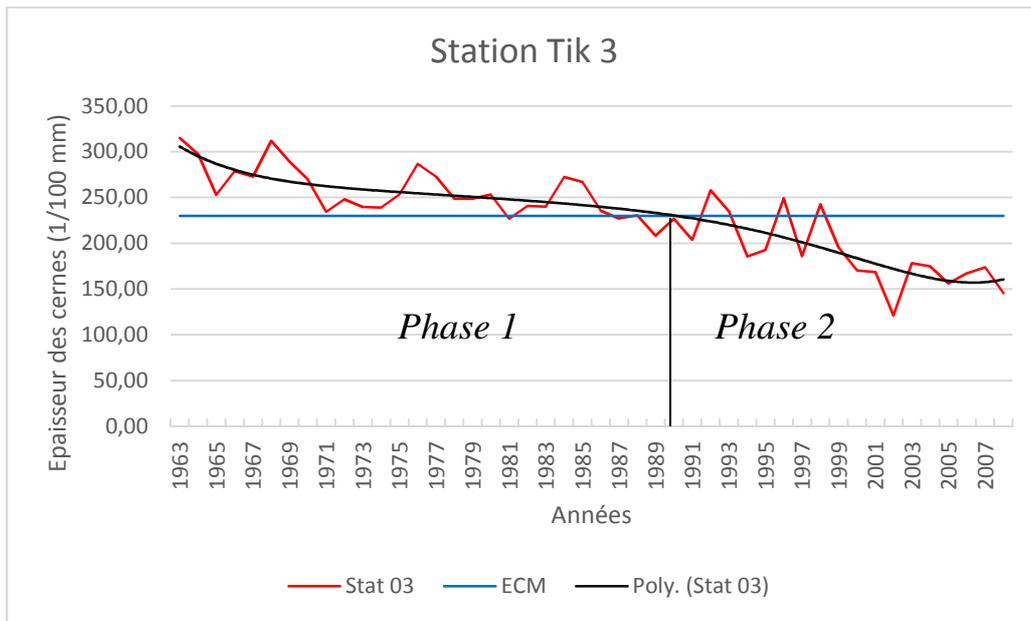
La courbe de maitresse (Fig. N°18) de cette station ressemble à celle de la station précédente, où on a :

- **Une phase 1 [1955-1967] :** les diamètres des cernes sont en pente et les valeurs minimales sont en dessous de la moyenne.
- **Une phase 2 [1968-1992] :** c'est une phase d'accroissement où on note des chiffres supérieurs à la moyenne sauf pour quelques valeurs minimales.
- **Une phase 3 [1992-2008] :** caractérisée par une régression de forte fréquence des variations des épaisseurs des cernes consécutifs, les valeurs sont inférieures de la moyenne à l'exception de quelques années.

**c. Station Tik 3**

Selon la courbe de tendance et l'ECM, on distingue deux phases de croissance différentes :

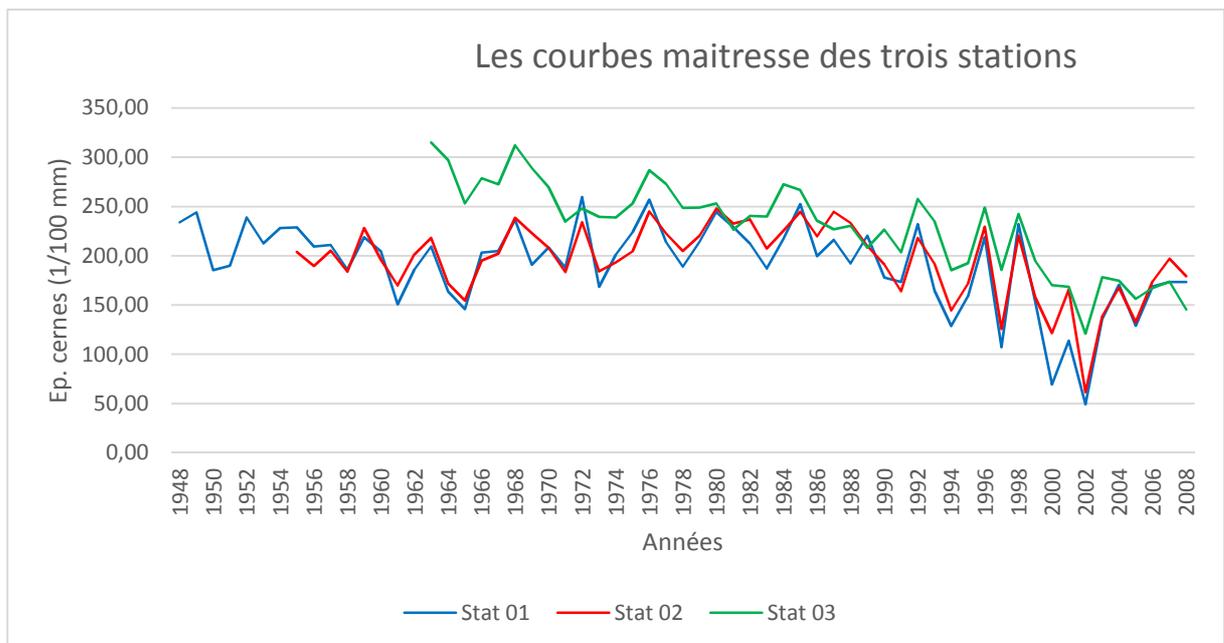
- **Phase de tendance supérieur à l'ECM [1963-1990] :** Une croissance relativement importante et supérieur à la moyenne de la station (2.3 mm/an).



**Fig. N° 19:** Courbe de maitresse de la station Tik 3.

- **Phase de tendance inférieure à la moyenne [1990-2008]** : Cette période présente la phase de vieillissement de la station ou on observe une lente croissance avec la minceur des cernes. L'accroissement minimal de cette chronologie s'observe à cette phase avec une valeur de 0.24 mm/an.

### 1.3. Synchronisation des courbes maitresses



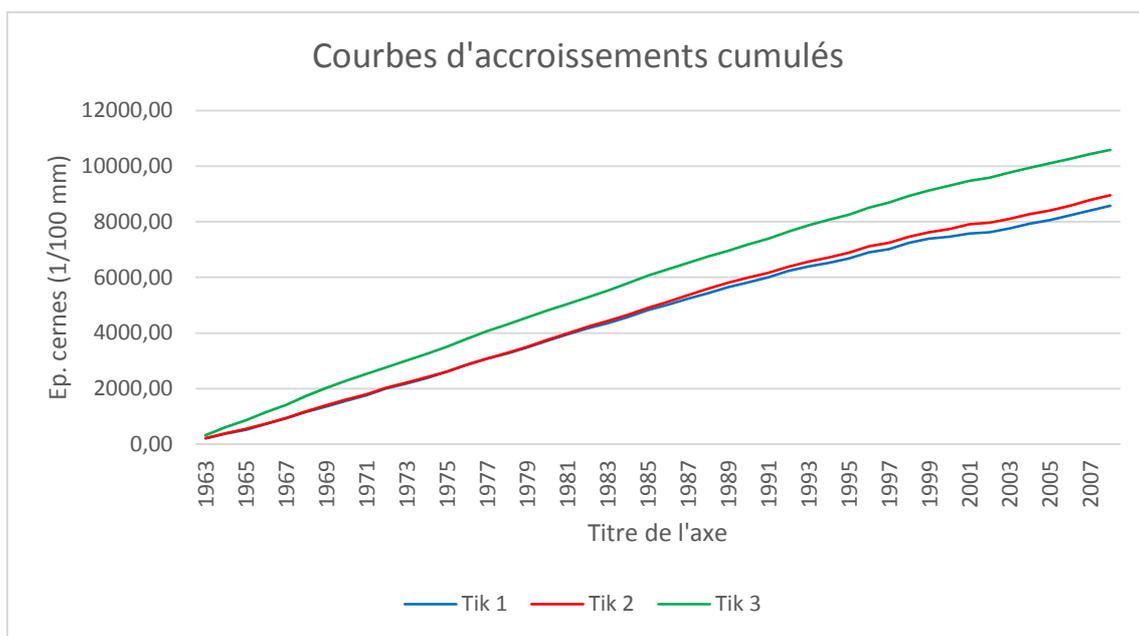
**Fig. N° 20:** Confrontation des courbes maitresses.

Avec la confrontation des courbes maitresses de l'ensemble des stations on remarque que :

- La station Tik 3 représente des valeurs de croissance plus élevée que celles des autres stations, qu'on explique par l'existence des conditions micro-stationnels favorable au sein de cette dernière.
- Les courbes de maitresse de la station Tik 1 et Tik 2 sont synchrones, cela peut être traduit par le fait qu'elles sont soumises au même stress hydrique et ainsi qu'elles ont une similarité de degré de sensibilité aux fluctuations climatique.

#### 1.4. Courbes d'accroissements cumulés

Les courbes d'accroissements cumulés nous permettent d'analyser le rythme de croissance pour chaque station, sur la base des accroissements courants annuels cumulés en fonction de l'âge.



**Fig. N° 21:** Courbes d'accroissements cumulés.

Pour l'ensemble des stations, les courbes suivent un profil très proche du linéaire, signalant que la station de Tik 1 présente la plus forte dynamique de croissance, ce qui fait qu'il a un temps de passage plus court. Les courbes des stations Tik 1 et 2 sont conformes jusqu'à

l'année 1987 où les deux courbes s'écartent. Ceci est dû à la forte densité du peuplement qui s'est accru et par la même augmente le rythme de compétition entre les arbres au niveau de la station 1. Le peuplement de Tik 3 a une productivité nettement supérieure des deux stations, suivie par le peuplement de la 2eme station puis la station 1. Cette supériorité est liée au jeune âge du peuplement de la station 3 et les conditions optimales de croissance.

## 2. Paramètres statistiques

### 2.1. Chronologies individuelles

#### a. Station de Tik 1

**Tableau N° VIII:** Les paramètres statistiques de la station Tik 1.

	Age	Max	Min	ECM	Ecart-type	CV %	SM
Arbre 1	70	4,20	0,41	2,38	0,80	33,53	0,26
Arbre 2	97	3,03	0,35	1,98	0,61	30,79	0,21
Arbre 3	108	2,68	0,13	1,44	0,53	36,67	0,30
Arbre 4	83	3,44	0,42	1,74	0,54	30,88	0,28
Arbre 5	91	3,44	0,24	1,87	0,70	37,09	0,28
Arbre 6	101	2,21	0,13	1,26	0,49	39,11	0,31
Arbre 7	106	3,77	0,19	1,70	0,61	36,00	0,32
Arbre 8	89	2,06	0,09	1,38	0,45	32,73	0,26
Arbre 9	89	3,00	0,31	1,73	0,57	33,22	0,29
Arbre 10	72	4,34	0,46	2,52	0,86	34,10	0,27
Arbre 11	86	2,62	0,43	1,48	0,48	32,48	0,25
Arbre 12	81	5,32	0,76	2,41	1,01	41,62	0,25
Arbre 13	64	4,78	0,97	2,47	0,70	28,27	0,23
Arbre 14	70	3,48	1,28	2,35	0,55	23,55	0,21
Arbre 15	69	3,33	0,14	2,09	0,66	31,81	0,25

A partir du tableau, les valeurs de l'épaisseur des cernes qu'on estime importantes vont du 5.32 au 0.09 mm

La sensibilité moyenne (SM) de chaque série de cerne joue un rôle d'indication sur l'intensité et le mode de réponse des arbres aux facteurs du milieu, notamment aux facteurs climatiques (FRITTS, 1976). Dans cette station, les valeurs de la SM varient entre 0,21 et 0,3. La plus grande valeur est enregistrée au niveau de l'arbre 7 de l'ordre de 0,32 alors que la plus faible est celle des arbres 2 et 14, qui est de 0,21. On note aussi que les sujets centenaires sont les plus sensibles. Cela est dû à l'absence des sous-bois chez les sujets en question.

Le coefficient de variation renseigne sur les variations des accroissements par rapport à la moyenne, pour cette station les valeurs de cette dernière oscillent entre 41.62 % et 23.55 % qui est traduite par une faible à moyenne variation des épaisseurs des cernes dans cette station.

**b. Station de Tik2**

**Tableau N° IX:** Les paramètres statistiques de la station Tik 2.

	Age	Max	Min	ECM	Ecart-type	CV %	SM
Arbre 1	86	4,52	0,76	2,18	0,72	32,95	0,25
Arbre 2	89	2,85	0,43	1,85	0,51	27,35	0,20
Arbre 3	72	2,42	0,67	1,74	0,43	24,87	0,18
Arbre 4	94	2,96	0,63	1,75	0,53	30,45	0,16
Arbre 5	75	3,73	0,64	2,11	0,55	25,79	0,22
Arbre 6	93	2,72	0,90	1,87	0,34	18,15	0,19
Arbre 7	69	3,46	0,97	2,24	0,75	33,31	0,16
Arbre 8	71	4,45	0,73	2,89	0,72	25,08	0,21
Arbre 9	81	2,75	0,59	1,66	0,52	31,18	0,21
Arbre 10	73	3,43	0,78	2,20	0,55	25,21	0,23
Arbre 11	78	2,55	0,53	1,82	0,32	17,88	0,19
Arbre 12	79	2,58	0,12	1,70	0,58	34,07	0,27
Arbre 13	89	2,44	0,46	1,56	0,40	25,71	0,24
Arbre 14	93	4,26	0,43	1,92	0,86	45,04	0,23
Arbre 15	79	2,80	0,55	1,80	0,40	22,46	0,21

Pour cette station, on note qu'il y a une moyenne à une forte amplitude des épaisseurs des cernes annuelles (0.12-4.52). Ces valeurs Max et Min sont les moindres que celles enregistrés dans la station Tik 1 et cela peut être traduit par l'effet de l'exposition, alors que les expositions sud sont les moins arrosées.

La sensibilité moyenne des chronologies individuelles est limitée entre 0.16 et 0.27. Les sujets de cette station sont aussi sensibles aux facteurs du milieu par rapport à la première station.

L'ensemble des individus échantillonnés montrent des coefficients de variation variant entre 17.88 % et 45.04%, ces valeurs renseignent sur une faible variation en terme d'épaisseur des cernes par rapport à la moyenne.

**c. Station de Tik3**

**Tableau N° X:** Les paramètres statistiques de la station Tik 3.

	Age	Max	Min	ECM	Ecart-type	CV %	SM
Arbre 1	49	4,79	0,81	2,11	0,73	34,55	0,23
Arbre 2	56	3,28	1,25	2,47	0,48	19,61	0,12
Arbre 3	55	3,92	1,10	2,37	0,64	27,03	0,14
Arbre 4	66	4,08	1,16	2,37	0,66	27,69	0,16
Arbre 5	73	4,85	1,84	2,94	0,75	25,62	0,14
Arbre 6	58	6,97	1,82	3,50	1,10	31,48	0,15
Arbre 7	71	4,72	0,99	2,21	0,71	32,33	0,16
Arbre 8	73	2,59	0,69	1,78	0,41	23,15	0,16
Arbre 9	73	2,74	1,22	2,08	0,33	15,68	0,12
Arbre 10	71	3,67	0,99	2,20	0,65	29,44	0,19
Arbre 11	73	2,98	0,51	1,38	0,61	44,31	0,17
Arbre 12	59	4,06	0,65	2,08	0,89	42,90	0,17
Arbre 13	57	3,95	0,93	2,22	0,67	30,00	0,14
Arbre 14	73	2,31	0,78	1,44	0,29	20,42	0,19
Arbre 15	61	5,19	2,18	3,39	0,60	17,81	0,13

A partir de ce tableau, l'épaisseur des cernes oscille entre 0,51 et 6,97, qu'on estime importantes et que l'on peut l'expliquer par le fait que la population est jeune (49-73 ans) et les conditions stationnelles sont favorable.

L'ensemble des sujets présents une sensibilité moyenne faible varie de 0,12 à 0,23, ces arbres sont moins sensible aux facteurs stationnels et au climat en particulier dans l'ensemble des stations.

Quant au coefficient de variation de cette station, les taux sont de 15.68 % à 44.31 %, cela peut décrire la faible variation des accroissements par rapport à la moyenne.

### 2.2.Comparaison des chronologies maitresses des trois stations

D'après ce tableau, les valeurs des paramètres des stations Tik 1 et Tik 2 sont voisines, ce qui veut dire qu'elles sont synchrones.

	Age	Max	Min	ECM	Ecart-type	CV %	SM	SR
Tik 1	85	2,6	0,49	1,92	0,43	22,3	0,22	0,84
Tik 2	81	2,5	0,6	2	0,37	19,04	0,19	0,86
Tik 3	64	3,15	1,21	2,3	0,45	19,73	0,11	0,68

**Tableau N° XI:** Données statistiques des trois stations.

La station de Tik 3 présente des accroissements nettement supérieurs à ceux des deux autres stations. Cette dernière enregistre un ECM de 2,3 mm/an et une épaisseur maximale de 3,15 mm/an, suivie par la station Tik 2 avec un ECM de 2 mm/an et en dernier lieu un ECM de 1,92 mm/an pour la station Tik 3.

La population de la station Tik 1 enregistre la valeur la plus élevée de la sensibilité moyenne (0,22), suivie par la station Tik 2 avec une valeur de 0.19 après Tik 3 à une SM de 0,11. FRITTS (1976) définit une population comme sensitive lorsque son coefficient  $SM > 0,20$  et une autre complaisante à une  $SM < 0,20$ . Dans notre cas, la station Tik 1 est qualifiée sensitive à la fluctuation des facteurs du milieu alors que les autres stations sont complaisantes.

Pour le coefficient d'interdatation (SR), les valeurs les plus élevées sont celles des stations Tik 1 (0,84) et Tik 2 (0,86), ce qui dénote un bon synchronisme des séries individuelles lors de l'interdatation et traduit un comportement homogène des arbres vis-à-vis des variations climatiques interannuelles du climat régional (MESSAOUDENE, 1989). Les valeurs assez faibles ( $< 0,70$ ) pour la population de la station Tik 1 montre une hétérogénéité marquée d'un arbre à l'autre vis-à-vis de la réponse au climat (TESSIER, 1984).

Sur l'ensemble de ces paramètres, on peut tirer les déductions suivantes :

- Les mesures les plus élevées des SM sont inscrites dans les stations Tik 1 et Tik 2, accompagnées des valeurs de coefficient d'interdatation plus importantes. On constate que ces valeurs croissent les stations avec des exposition aux directions Est et Sud-Ouest à forte pente ( 60% pour Tik 1 et 40% pour Tik 2). Si une population est sensible ( $SM > 0,20$ ), celle-ci doit impérativement présenter un degré de variations annuelles élevé avec un facteur limitant très variable d'une année à une autre rencontrant des sols à forte inclinaison ; les populations des terrains plats avec un sol profond où les variations annuelles faibles sont celle de la sensibilité complaisante (PANYUSHKINA, 2011). Dans notre cas, il ressort que la 1ere et la 3eme station harmonisent bien les modèles cités par l'auteur, même pour la station Tik 2 peut être un cas intermédiaire du fait de ses résultats obtenus.
- Le cerne le plus épais et la plus grande valeur de l'ECM se trouve à la station Tik 3, cette supériorité s'explique par le facteur âge associé aux conditions stationnelles très favorable.
- Théoriquement, la station Tik 2 est supposée avoir la plus petite valeur de l'ECM à cause de son exposition (SW), mais cette valeur a été observée dans la station Tik du fait du peuplement dense qu'elle abrite et des effets de compétitivité engendrés.

## Conclusion

Au terme de ce travail, ayant porté sur l'étude dendroécologique du cèdre de l'Atlas dans la région de Tikjda au Djurdjura, les résultats obtenus montre clairement l'existence d'une relation entre la croissance radiale de cette espèce avec les facteurs stationnels. En effet, ces facteurs agissent de manière directe sur la productivité des cédraies. Suite à ces résultats, on peut en tirer les constatations suivantes :

D'après l'analyse des variations interannuelles des épaisseurs de cernes, il ressort que les stations d'une même région, et soumises au même climat régional présentent des modèles de croissance différents, cela est liée principalement aux facteurs micro-stationnels qui influencent sur l'épaisseur des cernes annuelles. Si ces facteurs sont favorables, on constatera la formation des anneaux de croissance épais à l'image de la station Tik 3 dans le cas contraire, ces anneaux seront minces comme c'est le cas au niveau de Tik 1.

La sensibilité moyenne aux facteurs stationnelles (notamment au climat) tend à être faible dans les peuplements où les conditions sont favorables. Dans un autre côté, le stress hydrique, l'exposition chaude et le sol superficiel augmentent la sensibilité des arbres. A titre d'exemple, l'exposition Sud est caractérisée par sa sécheresse et ses vents secs et chaud (Sirocco), et les terrains de forte pente où ces sols sont généralement superficiels stimulent la sensibilité des arbres comme constaté dans la station Tik 3.

D'autres facteurs affectent la croissance radiale des arbres à savoir le facteur âge et la compétition. L'épaisseur des cernes annuels se rétrécit avec le vieillissement de l'arbre, la valeur optimale s'observe généralement au stade juvénile, sans toutefois être une règle générale. La densité du peuplement favorise la croissance en hauteur sur la croissance radiale, même si les conditions de croissance sont défavorables. Ce cas est observé dans l'ECM de la station Tik 2 par rapport à la station Tik 1, bien que le site de ce dernier soit orienté à une exposition Est moins xérique que l'exposition SW de la station Tik 2, qui enregistre une ECM de moindre valeur.

## R É F É R E N C E S      B I B L I O G R A P H I Q U E S

**ABDESSEMED K., 1981** - Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* .Manetti) dans le massif des Aures et de Belezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Thé. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille . 199p.

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

**ABDESSELAM M., 1995** - Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidentale. Thès. Doc. Univ. Franche-Comté, Besançon, France. 232p.

**ABED D., 1984** - Contribution à l'étude de la végétation du versant sud de la réserve clôturée de Tala Guilef. Mem. Ing. I.N.A., El Harrach. 85p.

**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. Magistère, Univ. Mouloud MAMMARI, 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 écologique. Bull. Soc. Bot. Fr., Actuel Bot. N° 2-4. pp : 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.

**BAGNOULS G. & GAUSSEN H., 1953** - Bulletin de la société d'histoire naturel de Toulouse. T 88. 3éme et 4éme trimestre. 198 p.

**BELLOULA N., 2010** - Etude sur le dépérissement du cèdre de l'atlas dans le parc national de belezma (wilaya de Batna): Apport de la télédétection et sig. Mém. Mag. Univ. Batna. 157p.

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

**BENMOUFFOK A., 1994.** Approche écopédologique dans les formations à *Cedrus atlantica*. Cas du massif du Djurdjura, Algérie. Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp : 205-217.

**BENMOUFFOK A., 1995** - Description de formations à " *Cedrus atlantica*" Manetti du massif central du Djurdjura (Algérie). Cahiers. Agricul. Vol. 4, N° 5. pp : 383-387.

**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.

**BOUZEGZA S. et HALIT Z., 2008.** Contribution à l'étude de la variation intrapopulation de quelques paramètres de la floraison de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tala Guilef Djurdjura Nord occidental. Mém. Ing. Univ. Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou. 53 p.

**CHALABI B., 1980** - Etude écologique, dendrologique et dendrométrique du Pin noir Algérien *Pinus nigra* Arn sous espèce *Clusiana Variété mauritanica*. Maire et Peyer. Thès. Ing. I.N.A., El Harrach. pp : 26-41.

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

**Dahmane.M et Khodja.M.I, 1994** : Résultats des essais d'acclimatation du cèdre en Tunisie. Ann. Rech .For .Maroc. T 27. pp :105-125.

**DAIFI A. & OSMANE A., 2011** - Contribution à l'étude de la diversité floristique du parc national du Djurdjura : secteur de Tikjda. Mém. Mas. Univ. Mhamed BOUGUERRA, Boumerdès.

**DEHILIS A. & BOUAKLINE D., 2013** - Etude des possibilités d'extension des peuplements du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau de l'Atlas blidéen. Mém. Mas. ENSA, El Harrach. 62 p.

**DEMARTEAU M. FRANCOIS L. CHEDDADI R. & ROCHE E., 2007** - Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. Rev. Inter. Géol. Géog. Eco. Trop. N° 31. pp : 105-146.

**DERRIDJ A., 1990** - Étude des populations de *Cedrus atlantica* M.en Algérie. Thès. Doc. Univ. Paul SEBASTIER, Toulouse. 288 p.

**DUMAS R., 2002** - Traité de l'arbre, essai d'une philosophie occidentale. Ed. Actes Sud. 255 p.

**EGLANTINE G., 2007** - Quel potentiel sylvicole pour les accrus de frêne dans les Hautes Pyrénées ? Détermination des facteurs climatiques et stationnels limitant la croissance de *Fraxinus excelsior* dans les Hautes-Pyrénées. Mém. Ing. ENITA, Bordeaux. France. 60 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., 1971** - Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson & Cie. 201 p.

**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.

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

**GALLAIS A. & BANNEROT H., 1992** - Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. Quae. 768p.

**GELLER S., 1975** - Abrégé statistique. 2ème édition, Ed. Masson, Paris. 222p.

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

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

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

**KROUCHI F., 1995** - Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tala-Guilef (Djurdjura Nord occidental). Mém. Mag. I.N.A., El Harrach. 105p.

**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. Thès. Doc. Univ. Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou. 227p.

**LAARIBYA S., 2004** - Le cèdre du moyen Atlas en péril Le haut-commissariat aux Eaux et Forêts à la lutte contre la désertification. Rabat, Maroc.

**LARBI RADIA., 2015** - Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura Centro-méridional (Secteur de Tikjda). Thès. Doc. Univ. Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou. 105p.

**LE HOUEROU H. N., 1975** - Deterioration of the ecology in the arid zones of North Africa. FAO, Rome. pp : 45-57.

**LEBOURGEOIS F & MERIAN P., 2012** - Principes et méthodes de la dendrochronologie. AgroParisTech, ENGREF. 88p.

**LOUKKAS A., 2001** – Etude de variabilité stationnelle de la qualité du bois du cèdre de L'Atlas dans le massif forestier de Djurdjura central Wilaya de Bouira. Mém. Mag. INA, Alger. 79 p.

**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.

**MADJOUR K., 2015** - Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du Parc National du Djurdjura (Secteur de Tala-Guilef). Mém. Magistère, Univ. Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou. 78 p.

**M'HIRIT O., 1982** - Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité de cèdre (*Cedrus atlantica*. Manetti).Ann. Rech. Forest. Maroc, T 22. 502p.

**M'HIRIT O., 1994.** Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Méditerranéa "le Cèdre". Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp : 205-217.

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

**MEDDOUR R., 1994** - La cédraie de l'Atlas Blidéen (Algérie). Valeur bioclimatique syntaxonomique et dynamique. Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp : 105-127.

**MESSAOUDENE M. et TESSIER L., 1991** - Croissance radiale de *Quercus canariensis* Willd. et *Quercus afares* Pomel. en Kabylie (Algérie). Rev. Int. Eco. Med. Vol. 17. pp : 119-133.

**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. Thès. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille. 123p.

**NEDJAH A., 1988** - La cédraie du Chréa (Atlas Blidéen). Phénologie, productivité, régénération. Thè. Doc. Uni. Nancy I. 184 p.

**PANYUSHKINA I., 2011** - Dendrochronology. In McGraw Hill Encyclopedia of Science & Technology. Ed. McGraw Hill. New York, Usa.

**PND., 2013** - Evaluation des plans de gestion I, II, III. Elaboration du plan de gestion IV. Ed. Direction générale des forêts, 19p.

**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., 1980** - Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du nord. Ed. Le chevalier. pp 205-256.

**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.

**TESSIER L., 1984** - Dendroclimatologie et écologie de *Pinus silvestris* L. et *Quercus pubescens* W. dans le sud-est de la France. Thès. 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., 1971** - Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* en France). Bull. Vulg. For. N° 4. Pp : 5-19.

**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. Thès. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille. 196 p.

**TOTH J., 1980.** Le cèdre III. La graine des plants en pépinière, reboisement, régénération naturelle. For. Pri., Rev. For. Euro. N° 132. pp : 41-47.

**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. Paris, L'Harmattan. Biologie. Ecologie, Agronomie. 207 p.

**TOUCHAN R. ANCHUKAITIS K. MEKO D. ATALAH S. BAISAN C. & ALOUI A., 2008** - Long term context for recent drought in northwestern Africa. Geophy. Res. Lett. Vol. 35, N° 13.

**YAHY N., 2007** - Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. Thèse. Doc. Univ. Houari BOUMEDIENE, Alger. 207p, annexes.

## Résumé

Le *Cedrus atlantica* Manetti présente l'espèce emblématique et noble de l'Afrique du Nord. Aujourd'hui, cette espèce fait face à une situation inquiétante suite aux perturbations naturelles ou d'origine anthropique. Le présent travail a pour but de mettre en évidence les relations entre la croissance radiale et les facteurs stationnels. À cet effet, un échantillonnage est mené à travers trois stations dans la cédraie de Tikjda au massif du Djurdjura. Les variations interannuelles des épaisseurs des cernes ont été analysées. Les résultats obtenus montrent clairement la relation directe des facteurs stationnels à la formation des cernes de croissance, l'arbre manifeste une croissance variable selon l'effet station. L'âge a un effet négatif sur la croissance radiale au fil du temps. La sensibilité moyenne des arbres tend à être faible dans les populations aux facteurs stationnels favorables. Ces résultats constituent des informations additionnelles sur l'écologie du cèdre et qui peuvent être utiles pour les futures études sur la cédraie de Tikjda.

**Mots clefs :** Cèdre de l'Atlas, Dendroécologie, Station, Djurdjura, Croissance radiale.

## Abstract

*Cedrus atlantica* Manetti presents the emblematic and noble species of North Africa. Today, this species is facing a disturbing situation following to natural or anthropic disturbances. The present work aims to highlight the relationships between radial growth and stationary factors. For this purpose, a sampling is conducted through three stations in the cedar of Tikjda in the Djurdjura massif. Interannual variations in the thicknesses of tree rings have been analyzed. The results obtained clearly show the direct relation of the stationary factors to the formation of growth rings, the tree manifests a variable growth according to the station effect. Age has a negative effect on radial growth over time. Mean sensivity of trees tends to be low in populations with favorable site factors. These results provide additional information on the ecology of cedar and may be useful for future studies on the Tikjda cedar.

**Keywords:** Atlas cedar, Dendroecology, Station, Djurdjura, Radial growth.