

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb -BLIDA- 1 Faculté des Sciences de
la Nature et de la Vie Département de Biotechnologies et Agro-
écologie



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master

Présenter par :

TALBI ROKIA et NAMOUDI NAIMA

Thème

LE DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLASE (CEDRUS ATLANTICA)
EN ALGERIE

Devant le jury :

Président : Akli Adel	prof	UNIVERSITE BLIDA
Encadreur : sellami Madiha	prof	UNIVERSITE BLIDA
Examinatrice : Lemiti Salima	prof	UNIVERSITE BLIDA

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciements



Je remercie en premier lieu Dieu tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Promoteur de mon mémoire, Mme Salami Madiha, pour m'avoir aidé et guidé dans ce travail et pour sa patience durant toutes ses étapes.

A mes parents qui m'ont toujours soutenu et motivé ce que j'ai atteint et réalisé tout au long de mon parcours académique.



Dédicaces



A mon père et ma mère, j' dédie mon travail.

A mes frères et Sœurs pour leurs encouragements.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours académique.

A toute mes amis et collègues.

A toute les étudiants de la promotion 2021/ 2022

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Liste des figures

- Figure 1** : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord (Derridj, 1990).....7
- Figure 2** : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Algérie (Derridj, 1990).....8
- Figure 3** : Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas (cliché : Amirat Y et Tahanout M, 2017).....11
- Figure 4** : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Algérie DERRIDJ, 1990.....15
- Figure 5** : Le modèle de dépérissement des arbres forestiers (ZINE EL ABIDINE, 2003)...25
- Figure 6** : Dépérissement de la jeune futaie à du cèdre de l'atlas Tikjda. (Messaoudène, 2010).....27
- Figure 7**: Carottage d'un cèdre à la carrière de Pressler au Chélia (Alileche 2012)....36
- Figure (a)** : Répartition des arbres dépéris selon les classes d'altitude (m) dans la zone d'étude avec une tendance de diminution du taux de dépérissement en fonction de l'altitude. Sarmoum et *al.* (2019).....39
- Figure (b)** : Répartition des arbres dépéris selon les classes d'altitude (m) dans la zone d'étude avec une tendance de diminution du taux de dépérissement en fonction de l'altitude. Sarmoum et *al.*, (2019).....40
- Figure (C)** : Répartition des arbres dépéris selon les classes de pente (%), le taux le plus élevé de dépérissement caractérise les sites à forte pente (> 50%). Sarmoum et *al.*, (2019).....40
- Figure 8** : Répartition des arbres dépéris(%) selon le taux de défoliation. Sarmoum et *al.*, (2019)..... 41
- Figure 9** : Répartition des arbres dépéris (AD) et des arbres sains (AS) selon les classes de diamètre (cm), pour les différentes stations écologiques.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Quelques exemples de dépérissement des forêts. (Allen et <i>al</i> 2009).....	21.
22	
Tableau 2 : Les dégâts au niveau de différents massifs ont été élaborés et classés selon les pertes foliaires sur une échelle comme celle de l'allemand GUNTHER. (Bonneau, 1986 in Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).....	29
Tableau 3 : Estimation du déficit foliaire en évaluant la fréquence de détritition du houppier ONF(2010).....	35
Tableau 4 : Valeurs dendrométriques moyennes et leurs écarts-types des arbres dépéris et des arbres sains par station. Seuils de signification du test Kolmogorov- Smirnov sur la distribution des fréquences par rapport à l'ajustement normal. Sarmoum et <i>al.</i> , (2019).....	42
Tableau 5 : Paramètres dendrochronologiques relatifs aux sites échantillonnés. EMC .Sarmoum et <i>al.</i> , (2019).....	44
Tableau 6 : Données physico-chimiques des stations Beloula(2010).....	46

RÉSUMÉ

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) est l'essence forestière la plus emblématique et la plus noble d'Afrique du Nord.

L'objectif de cette étude est de faire la lumière sur le phénomène du dépérissement du cèdre de l'Atlas. Ce phénomène complexe affecte les cédraies du Bélezma et de Theniet El Had depuis les années 1980. Ce travail est basé sur deux approches, L'une, spatiale, recense la répartition des arbres dépéris selon l'altitude, la pente, l'exposition, ainsi que leurs paramètres dendrométrique et leur état de santé. L'autre, temporelle, compare l'évolution de la croissance radiale des arbres dépéris et des arbres sains dans six stations écologiques représentatives des peuplements de cèdre de l'Atlas dans la zone d'étude. Les résultats mettent en évidence l'urgence de réaliser des travaux forestiers pour améliorer l'état sanitaire des cédraies et mettre en place un système de suivi sanitaire du dépérissement cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*). Cela passe aussi par la réhabilitation de cette forêt demande aussi une étude socio-économique assez complète.

Mots clés : cèdre de l'Atlas, dépérissement, belezma, thniet el had.

ABSTRACT

The Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) is the most emblematic and noble forest species in North Africa.

The objective of this study is to shed light on the phenomenon of Atlas cedar dieback. This complex phenomenon has affected the cedar forests of Bélezma and Theniet El Had since the 1980s. This work is based on two approaches, one, spatial, identifies the distribution of withered trees according to altitude, slope, exposure, as well as their dendrometric parameters and their state of health. The other, temporal, compares the evolution of the radial growth of dead trees and healthy trees in six ecological stations representative of Atlas cedar stands in the study area. The results highlight the urgency of carrying out forestry work to improve the health status of cedar forests and set up a health monitoring system for Atlas cedar decline (*Cedrus atlantica*). This also involves the rehabilitation of this forest also requires a fairly complete socio-economic study.

Keywords: Atlas cedar, decline, belezma, thniet el had.

ملخص

أرز الأطلس (*Cedrus atlantica*) هو أكثر أنواع الغابات رمزية ونبلاً في شمال إفريقيا.

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على ظاهرة موت أرز أطلس. أثرت هذه الظاهرة المعقدة على غابات الأرز في بليزما وثنية الحد منذ الثمانينيات. يعتمد هذا العمل على مقاربتين، أحدهما مكاني، يحدد توزيع الأشجار الذابلة وفقاً للارتفاع والانحدار والتعرض بالإضافة إلى معاييرها الشجرية وحالتها الصحية. الآخر، الزمني، يقارن تطور النمو الشعاعي للأشجار الميتة والأشجار السليمة في ست محطات بيئية ممثلة لحوامل أرز أطلس في منطقة الدراسة. تسلط النتائج الضوء على الضرورة الملحة للقيام بأعمال حرجية لتحسين الحالة الصحية لغابات الأرز وإنشاء نظام مراقبة صحي لتراجع أرز أطلس (*Cedrus atlantica*). وهذا ينطوي أيضاً على إعادة تأهيل هذه الغابة التي تتطلب أيضاً دراسة اجتماعية واقتصادية كاملة إلى حد ما.

كلمات مفتاحية : أرز أطلس، تراجع، بلزمة و ثنية الحد.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumés

Introduction général2

Chapitre 1 : Généralité sur le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)

1.1 A perçu historique sur le cèdre5

1.2 Généralités5

1.3 Position systématique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)6

1.4 Aires de répartition du cèdre du l'atlas6

1.5 Caractères botaniques du cèdre l'Atlas8

1.5.1 Port8

1.5.2 Ecorce9

1.5.3 Feuille9

1.5.4 Racines9

1.5.5 Fleurs9

1.5.6 Graine9

1.5.7 Fruit10

1.5.8 Reproduction10

1.6 Exigences Ecologiques de l'Atlas12

1.6.1 Le Climat	12
1.6.2 Les Températures	12
1.6.3 Les Précipitation	12
1.6.4 La lumière	13
1.6.5 L'altitude	13
1.6.6 Exposition	14
1.6.7 Bioclimats	14
1.6.8 L'humidité de l'air	15
1.6.9 L'enneigement	15
1.6.10 Le substrat	16
1.6.11 L'association végétale du cèdre	16
1.7 Valeurs et utilisation du cèdre de L'Atlas	17
1.8 Statut de conservation du Cèdre de l'Atlas	17
1.9 Conclusion	18

CHAPITRE 2 Le dépérissement : Concepts, facteurs et caractéristiques générales.

2.1 Définitio du dépérissement	20
2.2 Quelque exemple de déperessement des forets	21
2.3 Les Facteurs de dépérissement	22
2.3.1 Les facteurs prédisposants	23
2.3.2 Les facteurs déclenchants	23
2.3.3 Les facteurs aggravants	23
2.4 Les cause du dépérissement	24
2.4.1 Les changements climatiques	24
2.4.2 Le stress hydrique	24
2.4.3 Les manifestations des ravageurs et des agents pathogènes	25
2.4.4 Les manifestations anthropiques	26
2.4.5 Les incendies de forêts	26
2.4.6 Le surpâturage	26
2.5 Symptômes du dépérissement	28
2.5.1 Principaux symptômes	28
A. Les symptômes des feuillages	28

B. Les symptômes des bourgeons, des pousses et des rameaux	29
C. Les symptômes des troncs et des branches	29
D. Autres symptômes sur les feuilles et les aiguilles	29
2.6 Le phénomène du dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie	30
2.7 Conclusion	30

Chapitre 3 : Matériels et méthode

3.1 introduction	33
3.2 Choix des stations	33
3.3 Collecte des données mésologiques	33
3.4 Collecte de données dendrométriques	34
3.5 L'inventaire d'arbres dépéris	34
3.6 Le taux de défoliation	34
3.7 Etat sanitaire du houppier	34
3.8 Étude dendrochronologique	35
3.9 Analyse du sol - Analyse de base (physico-chimique)	36
3.9.1 Méthodologie	36

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1 Les variables mésologiques	39
4.2 État de santé et variables dendrométriques	41
4.2.1 Taux de défoliation	41
4.2.2 Diamètre	41
4.2.3 Hauteur totale	42
4.2.4 Analyse dendrochronologique	44
4.3 Caractérisations physico-chimiques des sols	45
Discussion	46
Conclusion Générale	48
Référence	

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* Manetti) est une espèce endémique et emblématique des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc dont l'aire de répartition s'étend sur une surface de 140 000 ha (Quézel et Médail, 2003). Cette espèce est sujette au phénomène de dépérissement depuis les années 1980 (Zine El Abidine, 2003 ; Bentouati et Bariteau, 2006 ; Kherchouche et al., 2013 ; Sarmoum et al., 2018).

Ce phénomène, qui s'abat sur l'ensemble des forêts de cèdre de l'Afrique du Nord, et plus particulièrement dans le Parc national de Theniet El Had et dans les Aurès (Algérie), est l'expression de phénomènes complexes, aux causalités multiples et interdépendantes qui s'auto-entretiennent et amplifient la destruction de l'écosystème cédraie (Zine El Abidine, 2003 ; Bentouati et Bariteau, 2006).

Cette situation n'engendre pas seulement des problèmes sociaux mais constitue également un handicap considérable pour l'économie nationale et met en danger un des patrimoines nationaux que représentent ces ressources forestières (Messaoudene et al., 2013). Les investigations menées mettent en jeu les attaques de parasites (Zaremski et al., 2007 ; Abdelhamid et al., 2017), l'absence de travaux sylvicoles (Derak et al., 2008) et la sécheresse prolongée (Kherchouche et al., 2013 ; Linares et al., 2013).

Dans le contexte du dépérissement des forêts survenu au cours des années 1970, le dépérissement avait initialement été attribué à la pollution atmosphérique (dépôts acides et ozone) (Bonneau et Landmann, 1988 ; Fuhrer, 1990). Par la suite, plusieurs hypothèses ont été avancées comme causes de ce phénomène : sécheresse prolongée (Becker, 1987), déficit nutritionnel (Lebourgeois *et al.*, 1997), insectes parasites et agents pathogènes (Bouhot-Delduc et Levy, 1994) et, à un moindre degré, actions sylvicoles inappropriées (Camarero *et al.*, 2011). Dans plusieurs régions du monde, le dépérissement des forêts semble étroitement corrélé avec les changements climatiques (Zimmermann *et al.*, 2015 ; Gazol *et al.*, 2017).

Certains facteurs du milieu tels que les conditions édaphiques peuvent amplifier ce phénomène (Zine El Abidine et al., 2014 ; Aoubouazza, 2017).

En général, les facteurs prédisposant les arbres forestiers au phénomène de dépérissement sont souvent d'origine abiotique (climat) ou biotique (parasites). Par contre les facteurs déclenchant et aggravant ce dépérissement sont exclusivement biotiques, notamment insectes ravageurs et champignons phytopathogènes. A l'état endémique, le cèdre abrite diverses

INTRODUCTION GENERALE

espèces d'insectes défoliateurs (*Thaumetopoidae*) ou xylophages et sous corticoles (*Scolytidae, Cerambycidae, Buprestidae, Curculionidae, etc.*). (Driss et François 2004).

Afin de mieux protéger et restaurer ces cédraies, il est très utile d'avoir des connaissances approfondies sur les mécanismes de régénération du cèdre. Ses exigences sont essentiellement :écologiques, climatiques et en général le mode de fonctionnement des écosystèmes forestiers en particulier ceux des cédraies. DERRIDJ (1990) atteste qu'il est urgent de définir une politique pragmatique tenant compte des populations riveraines pour lesquelles le pastoralisme demeure parfois comme seul moyen de subsistance. Cela pour au moins sauvegarder les cédraies actuelles.

Le présent travail consiste en une approche analytique des travaux antérieurs sur le dépèrissement afin de comprendre les facteurs écologiques (clima,sol exposition et altitude) agissant sur ce phénomène.

L'étude réalisée repose sur les chapitres suivants :

- Chapitre 1 : qui traite des Caractéristiques générales du Cèdre de l'Atlas.
- Chapitre 2 : qui s'intéressera au problème de dépèrissement.
- Chapitre 3 : qui porte sur le Matériel et les méthodes utilisés.
- Chapitre 4 : pour présenter les résultats et la discussion.

Et enfin, nous terminerons notre étude par une conclusion générale et des propositions afin de contrecarrer ce fléau.

CHAPITRE 1

Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas

(Cedrus atlantica)

1.1 A perçu historique sur le cèdre

L'ensemble des études palynologiques montre que parmi les espèces arborées, deux espèces ont joué un rôle important dans les écosystèmes durant l'Holocène : *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex*. Des pollens à Tigalmamine et Sidi Ali au moyen Atlas marocain, ont prouvé que *Cedrus atlantica* est apparu rudement après 7000 ans BP. Un prélèvement de pollen à Ifrah, situé également dans le moyen Atlas a prouvé que le cèdre de l'Atlas était présent tout au long de la période glaciaire, mais en fait, tôt avait régressé pendant l'holocène. Une hypothèse est que la température d'hiver était trop élevée pendant l'holocène, c'est ce qui a empêché son expansion (Semah et Renault-Miskovsky, 2004).

Sa répartition ne fut pas toujours celle que nous connaissons actuellement. Toutefois le cèdre existait -dans l'ensemble du nord du bassin circumméditerranéen, dans de très nombreuses stations européennes à l'époque du mio-pliocène, avant le déplacement vers le Sud de la végétation méditerranéenne, ainsi que l'ont prouvé les analyses polliniques de sédiments(Pons ,1964 in Toth, 1980).

1.2 Généralités

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* M.) est une essence endémique des montagnes de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie). Il est d'ailleurs considéré par plusieurs auteurs comme l'espèce la plus importante, économiquement et écologiquement, de la montagne méditerranéenne (Benckroun, 1993 ; M'hirit *et al*, 2006 ; Terrab *et al*, 2006).

La configuration de l'aire naturelle de l'espèce et sa variabilité écologique ont favorisé une différenciation morphotypes divers et d'écotypes adaptés à une gamme étendue de climats et de substrats géologiques (Harfouche et Nadjahi, 2003).

Le genre *Cedrus*, appartenant à la famille des pinacées, est considéré comme étant le plus ancien après le genre *Pinus* (Gaussen, 1967). Il recouvre quatre (04) espèces (Boudy, 1950; M'hirit, 1994 ; De Vilmorin, 2003 et M'hirit et Benzyane, 2006), qui occupent des surfaces inégales dans l'étage montagnard de la région méditerranéo-himalayenne. Ces quatre espèces sont :

➤ ***Cedrus atlantica* Manetti** : Cèdre de l'Atlas est endémique des montagnes nord africaines

(Maroc, Algérie).

- ***Cedrus libani* Barrel** : Cèdre du Liban est présente en Asie mineure, au Liban et en Turquie
- ***Cedrus Deodora* London** : Cèdre de l'Himalaya, sa répartition est plus confinée. En effet, elle ne couvre que quelques dizaines d'hectares dans l'île de Chypre.
- ***Cedrus Brevifolia* Henry** : Cèdre de Chypre Enfin, *Cedrus deodara* est la plus répandue des espèces, elle peuple une partie de l'Inde, de l'Afghanistan et du Népal (Toth, 2005).

En termes de surface, le Maroc et la Turquie sont au premier plan avec plus de 130.000 ha dans chacun des deux pays (M'hirit et Blerot, 1999).

1.3 Position systématique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)

Embranchement: Spermaphytes

Sous embranchement: Gymnospermes

Classe : Vectrices

Ordre : Coniférales

Sous ordre : Abiétales.

Famille: Pinacées

Sous famille : Abiétés

Genre : cedrus

Espèce : cedrusatlantica

Nom commun : Cèdre de l'Atlas

Nom anglais : Atlas Cedar

Nom arabe : Meddad, ElErz

Nom berbère : Begnoun, inguel

1.4 Aires de répartition du cèdre du l'atlas

Le cèdre de l'Atlas est une espèce originaire des montagnes du Nord-africain. Son aire

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)

naturelle s'étend au Maroc en deux blocs (le Rif et le Moyen et Haut Atlas Oriental) et en

Algérie principalement sur l'Atlas tellien et l'Atlas Saharien. Sa répartition géographique est représentée sur la (figure 1)

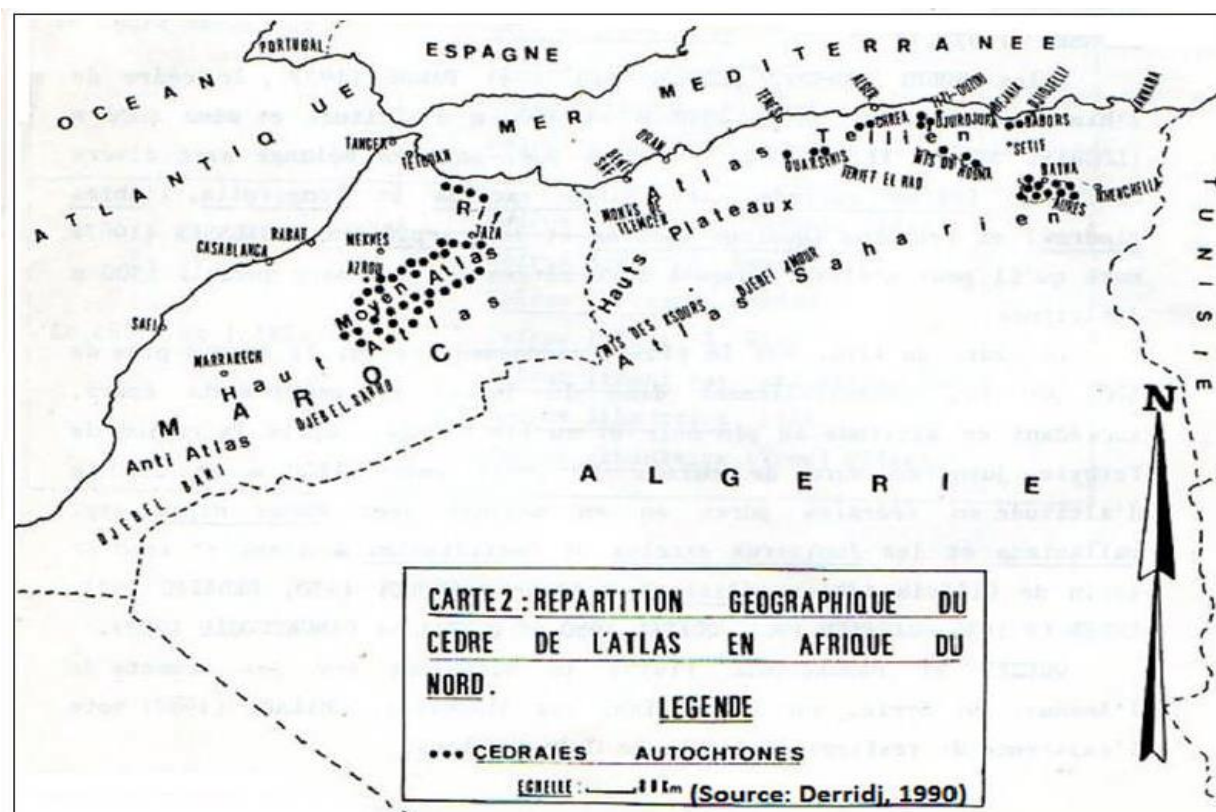


Figure 1 : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord (Derridj, 1990).

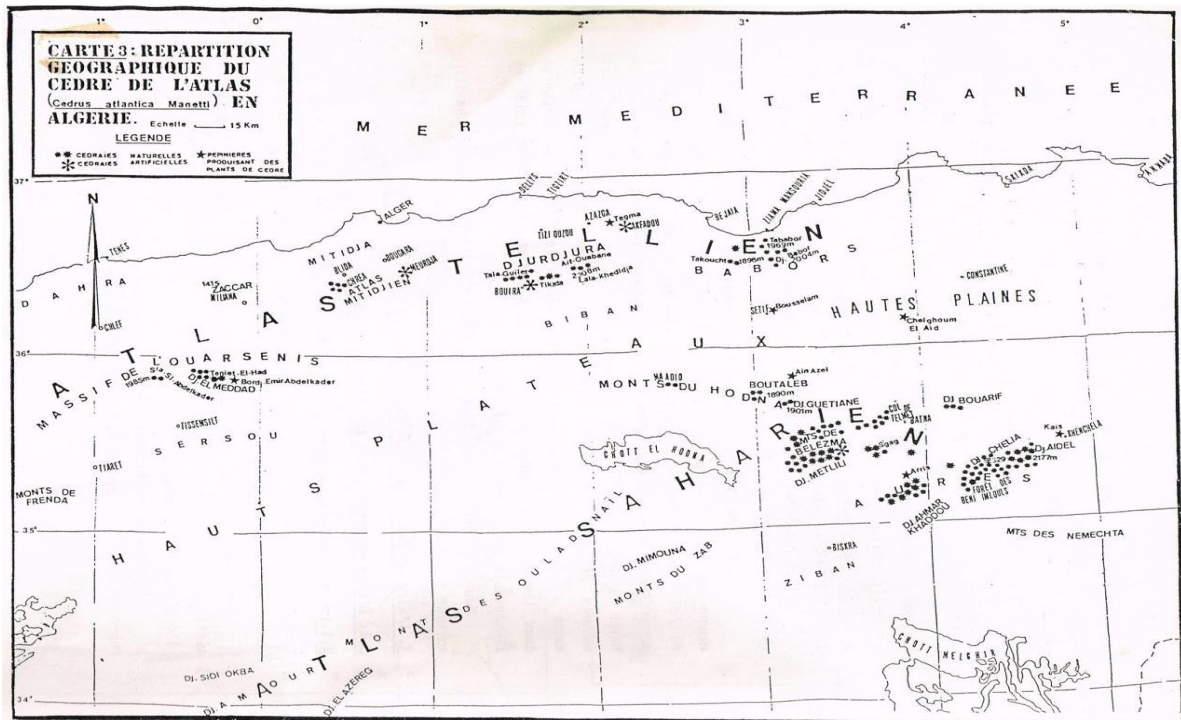
En Algérie, le cèdre se présente en peuplements très dispersés occupant une surface d'environ 30.000 ha répartir sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente (Nedjahi, 1988 *in* Houamel, 2012).

Le premier, est l'ensemble méridional adapté à une forte sécheresse d'été (Gaussen, 1967 *in* Krouchi, 2010). Il comprend les cédraies des Aurès couvrant 17450 ha, dont les principaux massifs sont : Belezma (8.100 ha) à l'Ouest ; le Chilia, le Sgag, l'Aidel...etc. et aussi les cédraies.

Du mont du Hodna (8.000 ha) prolongent à l'ouest (Derridj, 1990).

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)

Le second ensemble est le septentrional dans l'Atlas Tellien humide (Gausson, 1967 in Krouchi, 2010). Il comprend les massifs des Babors, avec 1.300 ha environ, le massif du Djurdjura avec 2.000 ha regroupant la cédraie de Tala-Guilef sur le flan Nord- Ouest, celle des Ait- ouabane sur le flan Nord-Est et enfin la cédraie de Tikjda sur le versant Sud. Aussi les cédraies de l'Ouarsenis et celle de l'Atlas Blidéen, elles occupent respectivement environ 1.500 ha et 1.000 ha (Derridj, 1990).



1.5 Caractères botaniques du cèdre l'Atlas

1.5.1 Port :

Le cèdre de l'Atlas possède un tronc monopodial orthotrope, à croissance et ramification rythmiques (SABATIER et al 1993). Le port est droit, 20 à 30 m de hauteur. Il peut atteindre selon (PEYERIMHOFF 1940), 40 m de haut et 2 m de diamètre.

(BOUDY 1952) et (TOTH 1970 et 1981) notent que les branches sont grosses et étalées et que l'élagage est bon en peuplement. La cime est conique, elle prend la forme tabulaire au fur et à mesure que l'arbre vieillit.

1.5.2 Ecorce :

Elle présente des petites écailles grises foncées et des crevasses sinueuses à l'état adulte, donnant un rhytidome brun noir, épais, d'aspect fissuré et écailleux (Maire, 1952). L'écorce est lisse et de couleur brun clair au stade jeune.

1.5.3 Feuille :

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.

1.5.4 Racines :

Le système racinaire est très développé, rarement pivotant assurant une stabilité de l'arbre (PEYERIMHOFF, 1941; BOUDY, 1952). Selon (TOTH 1970,1981) les racines sont étendues, ramifiées avec un pivot si la roche est fissurée ou bien si le sol est profond et humide.

Le bon niveau de résistance à la sécheresse est dû essentiellement à un enracinement vigoureux et profond, ce qui explique le bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels, mais fissurés. (DUCREY, 1993)

1.5.5 Fleurs:

Faute d'éléments précis, il est difficile de situer l'âge de floraison du cèdre de l'Atlas. La fructification est précoce (15 à 20 ans) dans les conditions propices et tardives dans des Conditions plutôt difficiles. L'âge moyen de la fructification est de l'ordre de 32 ans. (TOTH, 1978 a).

1.5.6 Graine :

Triangulaire, grosse, 10-15 mm, marron roux se termine par une large aile, très résineuse enveloppée dans une pellicule résineuse protectrice.

1.5.7 Fruit :

Ce sont des cônes ovoïdes, de 5 à 8 cm dressés vers le ciel. Ils sont portés par des rameaux courts et forts. Ils changent de couleur en passant du vert - bleuâtre au marron foncé à la maturité. La désarticulation débute généralement à partir du mois d'Octobre, néanmoins elle varie selon les stations et les années. Elle est conditionnée par l'alternance de l'humidité et de la chaleur (TOTH, 1971; 1978 a ; 1980 b).

1.5.8 Reproduction:

La pollinisation se fait en automne; à partir du mois d'Octobre, les bractées des inflorescences femelles commencent à s'ouvrir progressivement pour recevoir les grains de pollen libérés par les chatons mâles. Ces derniers se détachent une fois la pollinisation terminée La fécondation aura lieu au printemps prochain: fin Mai - début Juin. (TOTH, 1978 a, 1981; 1982 - 1984).

La longévité du cèdre de l'Atlas est remarquable. Elle dépasse plusieurs siècles (700 - 800 ans) où il continue à produire des graines fertiles (PEYERIMHOFF, 1941; BOUDY, 1952).

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)



Figure 3 : Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas (cliché : Amirat Y et Tahanout M, 2017).

1.6 Exigences Ecologiques de l'Atlas

1.6.1 Le Climat

Le cèdre de l'Atlas s'accommode des climats très différents, très humide dans le Rif, humide dans le Moyen Atlas et ou relativement sec dans les Aurès (Boudy, 1950).

Selon (Aussenac 1984), le cèdre se trouve dans divers étages bioclimatiques

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

1.6.3 Les Températures

La germination et la croissance du cèdre de l'Atlas s'effectue sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14° C (Toth, 1980 *in* Abdessemed, 2010).

Le cèdre est une essence qui peut supporter sans dommage des froids hivernaux importants, mais en même temps, toutes les autres caractéristiques écophysologiques analysées montrent que son écologie correspond à des climats doux (Aussenac, 1984 *in* Anonyme, 2014). Il vit dans ses pays d'origine avec des extrêmes absolus de (- 25 °C et + 35 °C) (Putod, 1979 *in* Abdessemed, 2010).

Les cédraies du pourtour méditerranéen subissent un climat présentant un à trois mois biologiquement secs dans l'année (sécheresse estivale ; $p \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$). (Quezel, 1976 *in* Krouchi, 2010).

1.6.3 Les Précipitation

D'après (Putod 1979) *in* (Abdessemed 2010), le cèdre de l'Atlas dans ses pays d'origine reçoit des lames de pluies annuelles comprises entre 450 et 1500 mm.

Selon (Derridj, 1990), les cédraies de Djurdjura méridional, l'Ouarsenis, Chréa et Meurdja reçoivent une lame de pluie entre 1126 et 1420 mm par année. Cependant, celle des Babors et Djurdjura septentrional, la pluviométrie annuelle varie entre 1600 à 2100 mm / an.

D'après (Boudy, 1950 ; M'hirit, 1982 ; Toth, 1980 *in* Houamel, 2012), la Pluviométrie annuelle au niveau des Aurès varie entre 400 et 500 mm/an et dans certaines

CHAPITRE 1 Donnés bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)

conditions peut atteindre 800 à 900 mm. En revanche le (Houerou, 1975 *in* Abdesseme, 2010) estime 600 mm de précipitations comme limites inférieures.

Il faut cependant noter que si l'on recherche un bilan hydrique exact, la méthode est critiquable du fait qu'elle néglige les réserves en eau du sol au moment de la germination de la graine (Leoutre, 1963). Ainsi que pour l'ensemble des montagnes méditerranéennes, les gradients pluviométriques sont élevés (25 à 50 mm /100 m) (M'hiRrit, 1994).

1.6.4 La lumière

Divers facteurs influencent l'atténuation de la lumière dans les peuplements forestiers particulièrement la composition, la densité, la structure, l'architecture du peuplement, l'état du ciel et l'angle solaire. La biomasse foliaire réduit non seulement la qualité de la lumière qui atteint le sous bois, mais produit de larges modifications de la qualité spectrale de la lumière. (Lamhamedi et Chbouki, 1994).

Dans les peuplements où le couvert est relativement fermé et dense, la présence des semis est rare et le système racinaire reste mal développé et superficiel. L'absence totale d'un couvert végétal favorise la mort prématurée des semis de cèdre suite à leur dessèchement par le rayonnement solaire. Dans ces conditions, la réduction du stress thermique a une importance capitale. La présence des tâches de lumière et de conditions microstationnelles favorables peut conditionner la régénération du cèdre dans les peuplements denses. (Lamhamedi et Chbouki, 1994).

1.6.5 L'altitude

Les limites inférieures et supérieures diffèrent d'une cédraie à l'autre. En Algérie, la limite inférieure est fonction de la plus ou moins grande humidité de la station. Elle se situe entre 1400 et 1500 mètres en versant Nord et à partir de 1600 mètres en versant Sud (Boudy, 1950 *in* Houamel, 2012). Il existe en moyenne un décalage de 200 m ; c'est-à-dire qu'il débute à partir de 1600 mètres (Abdessemed, 1981 *in* Houamel, 2012).

Au Djurdjura, elle est située à 1400 mètres sur le versant Nord et à 1600 mètres sur le versant Sud d'après (Lapie et Maige *in* Derridj, 1985).

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)

Pour la limite supérieure du cèdre de l'Atlas, (Le Houerou et al, 1979 in Meddour, 2010) indique que les plus hauts sommets portent des forêts de cèdre ; elles sont toutes plus ou moins dégradées.

1.6.6 Exposition

Elle 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. En Algérie, les expositions Nord et Nord-Ouest sont non seulement bien arrosées mais également à l'abri des vents desséchants (Sirocco), et portent les plus belles cédraies en raison de leur humidité (Khanfouci, 2005).

1.6.7 Bioclimats

En Algérie, le cèdre de l'Atlas s'accommode aux climats très différents (KROUCHI, 2010), car il se trouve dans différentes situations bioclimatiques au centre et l'Est du Pays (Yahi, 1989). Les cédraies septentrionales (Atlas Blidéen, Djurdjura et massif des Babors) sont soumises à un bioclimat humide, variante fraîche voire per-humide (Meddour, 1994). Par contre celle de l'Atlas Saharien (Hodna, Aurès), s'inscrivent dans l'étage bioclimatique subhumide froid (Krouchi, 2010). Du point de vue bioclimatique, les cédraies les moins arrosées reçoivent plus de 500 mm de pluie par an (Benabid, 1994).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) se montre sur certains sommets à l'étage supraméditerranéen (*Quercus-Cedretalia atlanticae*) (Meddour, 2010).

D'après (Derridj 1990), les aires de répartition des cédraies algériennes s'étalent de la limite supérieure du semi-aride supérieur à variante froide ou très froide jusqu'au perhumide à variante froide à très froide, comme l'indique la (figure 4):

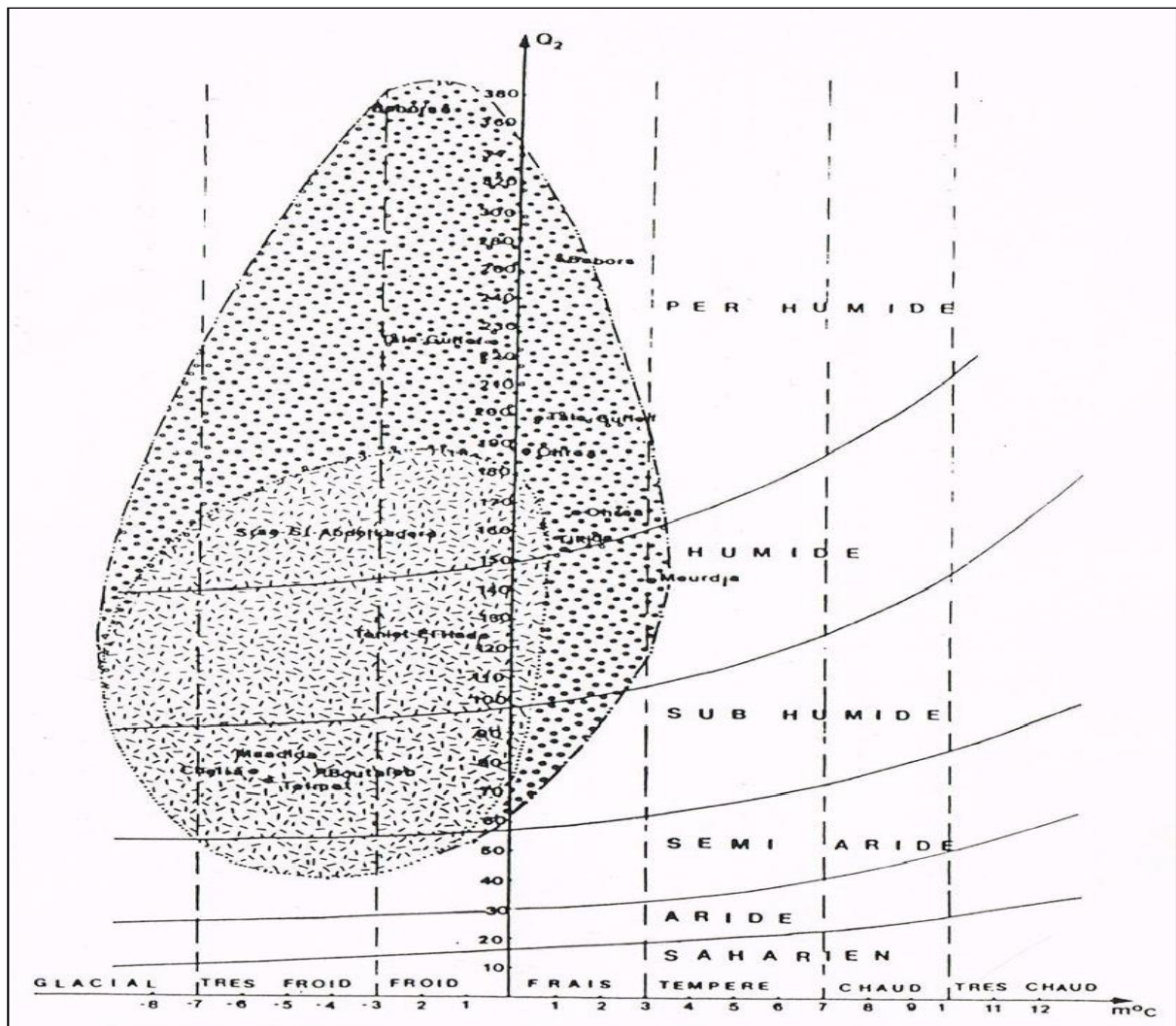


Figure 4 : Projection de quelques stations de cèdre sur le climagramme d'Emberger (Derridj, 1990).

1.6.8 L'humidité de l'air

L'humidité relative constitue par ses écarts brutaux, l'un des caractères climatiques les plus importants des montagnes de l'Afrique du Nord (Quezel, 1980). La région de Tala-Guilef est caractérisée par une hygrométrie variant au cours de l'année ; elle est de 64% au printemps et de 40% en été (Abdessalam, 1995 in Krouchi, 2010).

1.6.12 L'enneigement

En plus du rôle que joue l'enneigement sur la levée de dormance des graines, il constitue un potentiel hydrique important pour le sol, et son importance augmente avec la persistance du

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)

couvert neigeux. Selon (Belin 1945) *in* (Krouchi 2010) le Djurdjura reçoit des précipitations neigeuses de Novembre à Mars. Elles tombent chaque année avec une moyenne annuelle de 15 jours/an à Tikjda (Chalabi, 1980).

1.6.13 Le substrat

D'une façon générale, les cédraies du circumméditerranéen sont localisées sur des substrats calcaires (Quezel, 1980 *in* Krouchi, 2010). En outre, sur le plan géologique, le cèdre colonise des substrats très variés, schistes néocomiens, grès blancs, grès et quartzites, calcaires massifs, calcaires dolomitiques et dolomie, marno-calcaires et marnes (Nedjahi, 1994).

Le cèdre préfère les sols meubles, caillouteux, profonds et perméables, il redoute les terrains mal drainés, asphyxiants et les sols à dolomie (Derridj, 1985). Le neuf dixième des cédraies en Algérie se rencontre sur les formations siliceuses et bien en moindre proportion sur les calcaires (Boudy, 1952).

1.6.14 L'association végétale du cèdre

Le cortège floristique du cèdre de l'Atlas varie d'un étage bioclimatique un autre. (Boudy 1950), signale que la cédraie se présente sous deux faciès:

-Un faciès humide: c'est celui de Chréa, de Theniet El Had, des Bahors et du moyen Atlas marocain, il est caractérisé par l'abondance du chêne vert (*Quercus ilex*), l'absence de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*), présence du chêne zeen (*Quercus canariensis*) de l'If (*Taxus baccata*) et de nombreuses autres espèces.

-Un faciès relativement sec: il est surtout celui de l'Aurès, des Monts de Hodna et du grand Atlas Oriental marocain caractérisé par les espèces suivantes: le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le chêne vert (*Quercus ilex*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le frêne dimorphe (*Fraxinus dirnorphe*), l'aubépine monogine (*Crataegus monogyna*) et l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*).

1.7 Valeurs et utilisation du cèdre de L'Atlas

Les fonctions des cédraies méditerranéennes sont multiples ; elles répondent selon (Toth 1970; 1980 a; 1990 a) à plusieurs principales exigences :

- Maintien d'un équilibre biologique, en améliorant les conditions écologiques favorables à la pérennité de l'espèce.

- Production de bois de qualité et en quantité importante.

- Accueil d'une population désireuse de se relaxer, de se reposer, de s'oxygéner dans un cadre agréable : sa remarquable silhouette améliore la beauté des paysages.

- La qualité du bois du cèdre est supérieure à celle de tous les pins dans le méditerrané, Elle lui assure toutes sorte d'utilisation, fabrication de chalets de Montagne, menuiserie, charpente poteaux, placage intérieur, meubles rustiques les produits d'éclaircie peuvent être utilisés également en papeterie, mélanges en faible quantité avec pins (M'herit, 2006). Il peut même fournir de la térébenthine (Becker et *al*, 1983).

- Le cèdre de l'Atlas bénéficie d'une grande facilité de régénération naturelle dans les étages de chêne vert en Afrique du Nord et chêne pubescent en France, assurant ainsi la pérennité des peuplements et permettant des reboisements économiques par point d'appui (M'herit et Benzyane, 2006).

- Protection contre l'incendie, feuillage peut inflammable (Alexandrian et Gouiran, 1992, Aussenac, 1981), avec l'élimination de la végétation herbacée très inflammable (Toth, 1990).

- Maintien d'un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol (Toth, 1990).

Selon (Toth 1980) le cèdre est une essence capable de remplir plusieurs rôles à la fois et ça malgré les conditions écologiques souvent difficiles et la surface restreinte qu'elle occupe. Toutes ces qualités d'adaptation a priori aux conditions climatiques, édaphiques de la zone méditerranéennes et justifie donc son utilisation importante en reboisement (Toth, 1990 ; Bariteau et Ferrandes, 1992).

1.8 Statut de conservation du Cèdre de l'Atlas

CHAPITRE 1 Données bibliographiques sur Cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica)

Dans son aire naturelle, au Maroc et en Algérie, cette essence est considérée comme menacée, selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN)

Cette espèce de conifère auparavant classée dans la catégorie « Préoccupation mineure », le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), originaire de est actuellement « En danger » dans son aire naturelle en raison de sa surexploitation. Et sa population réduite est menacée par différents parasites (UICN, 2013).

1.9 Conclusion

Le Cèdre est l'espèce économiquement et écologiquement la plus importante de la montagne méditerranéenne. Ainsi, la gestion des forêts de cèdre repose sur les principes fondamentaux de la sylviculture : la conservation, la diversité et la pérennité du Cèdre ; l'exploitation rationnelle des Cédraies en vue de satisfaire les besoins de la communauté en bois d'œuvre, de service, de chauffage et en fourrage pendant la saison sèche. (Y. Byoung, 1976 ; M'hirit *et al*, 1983, 1984, 1985 ; Nedjahi, 1987 ; Ben Mbarek, 1987).

CHAPITRE 2

Le dépérissement : Concepts, facteurs et caractéristiques générales.

Les forêts sont négativement affectées par différents facteurs qui se propagent sur une grande échelle temporelle et spatiale induisant des pressions directes ou indirectes sur son état (Requardt et *al.* 2007).

Au niveau des agressions de toute nature que subit la forêt, il est difficile d'isoler la part des accidents climatiques dans un environnement de plus en plus modifié par l'homme (Bastien et *al.*, 2000).

D'après (Lévy et Becker 1987), (Bert 1992) et (Sfea 2008), c'est surtout l'augmentation de la fréquence et de la durée des périodes sèches qui auraient un fort impact sur les arbres et la pullulation des parasites, ce qui provoqueraient le changement radical de la répartition des végétaux d'où le dépérissement de la strate arborée.

Les dépérissements forestiers et plus particulièrement ce qu'on a appelé le « dépérissement des forêts » ont constitué un thème environnemental de premier ordre au cours des années 1980 (Landmann, 1994).

Aujourd'hui, les cédraies méridionales algériennes sont soumises à des modifications inquiétantes ; elles sont marquées par le dépérissement, puis la mortalité massive (cas des cédraies des Aurès et Thaniet El Had).

Celles, plus septentrionales, se dégradent continuellement et présentent une régénération naturelle déficiente (Djurdjura, Babors, Chréa) Cette situation est rattachée principalement à la période de sécheresse prolongée de 1996 à 2002 d'où le stress hydrique et l'augmentation du degré d'inflammabilité et de combustibilité du sous-bois des cédraies (Messaoudene et *al* 2013).

2.1 Définition du dépérissement

Un dépérissement est un processus évolutif, faisant intervenir de multiples causes qui agissent en synergie (Fiot et *al.*, 2007). Ils peuvent être de causes purement naturelles, humaines ou une combinaison des deux (Requardt et *al.*; 2007 et Fiot et *al.*, 2007).

Il peut être se traduit pour l'arbre par une perte de vitalité progressive et des mortalités d'organes pérennes (branches, rameaux notamment chez les feuillus) ou des pertes prématurées d'aiguilles chez les conifères (Fiot et *al.*, 2007).

Le « dépérissement » ou « déclin » des forêts est une expression qui a marqué ces dernières années et donné l’alerte au monde forestier. Ce phénomène se traduit avant tout par une mortalité anormale des feuilles, bourgeons, brindilles et branches, et qui a pour conséquence la réduction de la vitalité et de la vigueur des arbres (Delatour, 1990 in LE Meignen et Micas, 2008).

Une fois persistant, il induit la mort « isolée » des arbres puis prend de l’ampleur par « tâches » et enfin « massive ou généralisée » des peuplements.

Il en résulte une réduction progressive de la productivité ligneuse des forêts et de leur santé (Auclair et *al*, 1997).

Le dépérissement est le résultat de l’interaction de plusieurs facteurs de stress de nature biotique ou abiotique. Ces facteurs agissent de façons consécutives ou concomitantes et provoquent l’affaiblissement de l’arbre et parfois même sa mort (Dessureault 1985 in Laflamme, 1992).

2.2 Tableau 1 : Quelques exemples de dépérissement des forêts

Région/Pays	Type de forêt
<p>- <u>Afrique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Algérie • Namibie • Sénégal • Afrique du Sud • Ouganda 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cedrus atlantica</i> • <i>Aloe dichroma</i> • Espèce d’Acacia, Cordyla, Nauclea et Sterculia • Espèces de <i>Dichrostachys</i>, <i>Pterocarpus</i> et <i>Strychnos</i> dans le nord • Espèces d’<i>Uvariopsis</i> <i>Celtis</i> dans la forêt tropicale humide
<p>- <u>Asie et Pacifique</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Australie • Chine • Inde • Malaisie • République de Corée • Fédération de Russie 	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces d’<i>Eucalyptus</i> et <i>Corymbia</i> dans le nord-est • <i>Pinus tabulaeformis</i> dans les régions centrales et de l’est, <i>Pinus yunnanensis</i> dans le sud-ouest • Espèce d’Acacia, Terminalia et Emblica dans le nord-ouest • Diptérocarpacées dans les forêts tropicales humides de Bornéo • <i>Abies koreana</i> • Espèce de <i>Picea</i> et <i>Pinus</i> dans les forêts tempérées et boréales

	de Sibérie
<p>- <u>Europe</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • France • Grèce • Norvège • Fédération de Russie • Espagne • Suisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces d'Abies, <i>Fagus</i>, <i>Picea</i>, <i>Pinus</i> et <i>Quercus</i> • Abies alba dans le nord • <i>Picea abies</i> dans le sud-est • <i>Picea obovata</i> dans le nord-ouest • Espèces de <i>Fagus</i>, <i>Pinus</i> et <i>Quercus</i> • <i>Pinus sylvestris</i>
<p>- <u>Amérique latine et Caraïbes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Argentine • Brésil • Costa Rica • Panama 	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces d'<i>Austrocedrus</i> et Espèces d'<i>Austrocedrus</i> et <i>Nothofagus</i> en Patagonie • Forêt atlantique tropicale semi-décidue dans le sud-est • Forêt tropicale humide • Forêt tropicale humide
<p><u>Proche-Orient</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Turquie • Arabie saoudite 	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces de <i>Pinus</i> et <i>Quercus</i> dans la région centrale • <i>Junipurus procera</i>
<p>- <u>Amérique du Nord</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Canada • États-Unis 	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce d'<i>Acer</i>, <i>Picea</i>, <i>Pinus</i> et <i>Populus</i> • Espèces d'Abies <i>Fraxinus</i>, <i>Junipurus</i>, <i>Picea</i>, <i>Pinus</i>, <i>Populus</i>, <i>Pseudotsuga</i> et <i>quercus</i>Suisse

Source :(Allen et al 2009).

2.3 Les Facteurs de dépérissement

Le dépérissement des forêts est un phénomène complexe dont les causes multiples ne sont pas aisément identifiables et hiérarchisables a priori. Leur origine est à rechercher dans l'action de plusieurs facteurs biotiques, écologiques ou anthropozoïques interagissant et se succédant d'une façon particulière, et entraînant une détérioration générale qui se termine souvent par la mort des arbres.

D'une manière générale, trois niveaux de facteurs, en partie interchangeables interviennent: les facteurs prédisposants (changements climatiques à long terme, pollution chronique, réduction de vigueur liée à l'âge...) contribuent à l'affaiblissement général des arbres; les facteurs déclenchants (sécheresse, insectes défoliateurs...) agissent de façon intense sur une période relativement courte et les facteurs aggravants (champignons, insectes...) accentuent la perturbation. (Abdeladim, 2017).

2.3.1 Les facteurs prédisposants

ce sont des facteurs qui exercent leur action de façon permanente durant une bonne partie de la vie de l'arbre provoquant généralement des stress de faible intensité (Roy et Gagnon, 1991 in Moore, 1999). Durant cette période, la sensibilité de l'arbre envers l'action d'autres facteurs s'accroît (Maugard, 1992).

Parmi les principaux facteurs qui prédisposent les arbres au processus d'altération sanitaire, nous citons les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles mais aussi, les mauvais aménagements (Manion, 1981 in Moore, 1999), l'exploitation acéricole (Roy et Gagnon, 1991 in Moore, 1999), la pollution atmosphérique (Rice et Lewis, 1988) et même l'acidification des sols (Dessureault, 1986 in Moore, 1999).

2.3.2 Les facteurs déclenchants :(ou incitants)

Ce sont des facteurs défavorables qui agissent en peu de temps sur la physiologie des arbres. Ils représentent donc pour l'arbre un stress de forte intensité mais de courte durée (Moore, 1999). (Dessureault, 1986 in Moore, 1999). L'auteur note que l'influence des facteurs déclenchants, combinée à celle des facteurs prédisposants, provoquent une détérioration de la cime et du système racinaire.

Ils sont essentiellement de nature abiotique comme la sécheresse et biotique comme les attaques d'insectes défoliateurs en particulier (Auclair et *al*, 1997).

Il convient de signaler ici que les défoliateurs forestiers sont beaucoup moins dangereux sur les essences feuillues que sur les conifères (Bovey, 1971).

2.3.3 Les facteurs aggravants : (ou contribuant)

Sont des facteurs qui interviennent en phase terminale du déclin ; c'est à dire sur les arbres profondément stressés. Ils accélèrent donc leur dépérissement en entraînant le plus souvent

leur mort (Dessureault, 1986 in Moore, 1999). Ils sont essentiellement d'origine biotique, représentés par les xylophages secondaires et les champignons.

2.4 Les causes du dépérissement

2.4.1 Les changements climatiques

Les conséquences des changements climatiques pourraient se traduire par une augmentation de la mortalité des espèces forestières due au stress hydrique (Taore et *al*, 2006, Allen, 2009), la diminution des taux de germination, avec l'augmentation du stress hydrique (Dirik, 2000, Halitim, 2006),

Et facilitant ainsi, les attaques d'insectes et l'apparition des maladies (Anonyme, 1994, Bentouati et Bariteau, 2006), la modification des taux de croissance des arbres (Abdendi, 2003), avec des changements au niveau des stations provoquant un déséquilibre accompagné d'un passage de la forêt dense à la forêt claire et de celle-ci à des formations arbustives (Anonyme, 1994, Seguin, 2006, Abdendi, 2003, Allen, 2009).

2.4.2 Le stress hydrique

En région méditerranéenne, l'eau est le principal facteur limitant de la végétation forestière (Aussenac et Valette, 1982)

Le stress hydrique affecte en premier lieu la croissance (Aussenac et Finkelstein, 1983 ; Ducrey, 1994), perturbe ensuite les échanges gazeux et modifie enfin le métabolisme biochimique et les propriétés spectrales des feuilles (Zine El Abidine, 2003). Il peut même induire des phénomènes de cavitation et d'embolisme dus à la rupture des colonnes d'eaux.

Dans les vaisseaux (Zine El Abidine, 2003). Ceci peut entraîner le dessèchement partiel ou total des arbres et arbustes, observé souvent au niveau des branches supérieures.

Un arbre stressé ou affaibli est exposé souvent aux attaques parasitaires (pathogènes et insectes) (Chararas, 1982 ; Zine El Abidine, 2003 ; Rouault et *al*, 2006).

CHAPITRE 2 Le dépérissement : Concepts, facteurs et caractéristiques générales. Au Maroc, les attaques de *Thaumetopoea* sp. sur les pins et le Cèdre de l'Atlas ont été dévastatrices pendant les années coïncidant avec une séquence de sécheresse (El Hassani et al, 1994 in Zine El Abidine, 2003).

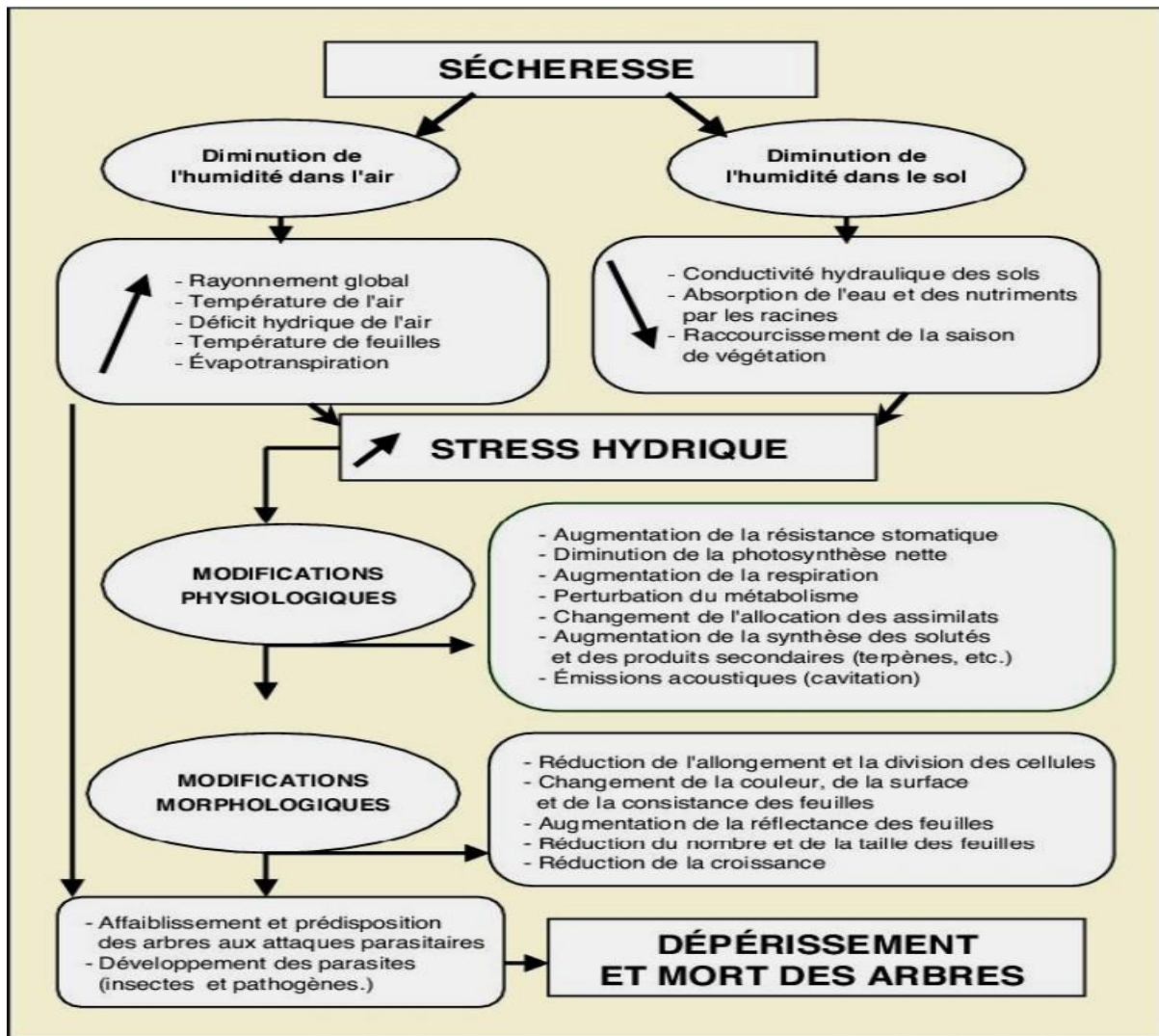


Figure 5 : Le modèle de dépérissement des arbres forestiers (ZINE EL ABIDINE, 2003).

2.4.3 Les manifestations des ravageurs et des agents pathogènes

Plusieurs insectes ravageurs qu'ils soient phyllophages ou xylophages peuvent accentuer le phénomène du dépérissement, le problème des xylophages est d'une grande importance et se pose de façon accrue pour le cèdre par le fait qu'ils constituent souvent l'étape qui suit

L'affaiblissement de l'arbre, ainsi que, les causes de cet affaiblissement peuvent être diverses, de la sécheresse durant ces dernières années à l'attaque des phyllophages (Mouna, 1994),

Ces derniers tels que la processionnaire du cèdre (*Thaumetopoea Bonjeani*), vit exclusivement sur le cèdre et la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocompa*) qui a la capacité de vivre sur le cèdre, conduisent à un effeuillage totale des sujets atteints ce qui accentue le phénomène du dépérissement (Gachi, 1944).

2.4.3 Les manifestations anthropiques

Les riverains coupent les branches d'arbres pour leurs besoins quotidiens en bois (bois de chauffage, construction des habitats, nourriture du bétail), et surtout les jeunes arbres qui semblent être préférés, ce qui provoque souvent des mortalités brusques des peuplements (Faurel et Lafitte, 1949, Abdendi, 2003, Anonyme, 1994).

2.4.5 Les incendies de forêts

Les incendies de forêts endommagent énormément la couverture végétale, du point de vue quantitatif et qualitatif (Chevron, 2005).

Les incendies sont provoqués dans le but de la création de nouveaux espaces de pâturage et de terrains de culture (Faurel et Lafitte, 1949).

Le feu exerce une action traumatisante sur la végétation, ainsi qu'il bloque son système physiologique, surtout lorsqu'il est répété chaque fois et à la même saison (Chevron, 2005)

2.4.6 Le surpâturage

Le pâturage est peut être pratiqué librement, et d'une manière continue, ce qui provoque un gaspillage important d'herbe et des petits repousses de régénération (Anonyme, 2007).

Plusieurs études et diverses observations à travers le monde, ont montré que le surpâturage était une cause majeure de la dégradation des forêts immanant à la désertification (Faurel et Lafitte, 1949, Abdessemed, 1981).

Le surpâturage est considéré comme l'une des causes principale du dépérissement de la végétation forestière (Bentouati et Bariteau, 2006).



Figure 6 : Dépérissement de la jeune futaie à du cèdre de l'atlas Tikjda.(Messaoudène, 2010).

2.5 Symptômes du dépérissement

Les symptômes des dépérissements forestiers peuvent avoir été provoqués par des constellations de conditions défavorables et/ou d'agressions fortes différentes. Les arbres sont capables de réagir aux influences exercées par divers agents par des signes apparaissant sur leurs parties aériennes (Hartman et *al*, 1991).

Les aiguilles roussissent puis tombent l'année suivante les cimes sont dénudées, des colorations anormales sont observées ainsi que des déficits foliaires. Les branches mortes sont les signes du dépérissement de la forêt méditerranéenne.

(Gazonneau, 2007).

On constate que, lorsque plusieurs de ces contraintes se conjuguent (conditions stationnelles difficiles, pollution, salinité, vent), des phénomènes plus importants de dépérissement peuvent apparaître (Stammitti, 1992 *in* Garrec, 1994).

2.5.1 Principaux symptômes

Le dépérissement des peuplements forestiers, peut être reconnu à travers les symptômes suivants, répartis en trois groupes (Bonneau, 1986 *in* Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).

A. Les symptômes des feuillages

Bonneau (1986) *in* Adoui (1991) ; Hartman (1991). Ceux sont ceux qui apparaissent en premier car visibles, on y distingue quatre types :

- Comportement du feuillage: Des abscissions prématurées des feuilles ou des aiguilles. Le plus manifeste est la chute du feuillage qui donne souvent un aspect dégarni avec des touffes de feuilles.

- Rabougrissement : Il correspond à un état de dépérissement (d'étiollement) général et de déclin physique de l'arbre.

- Flétrissement: Perte de fraîcheur ou de vigueur de l'arbre par effet de dessèchement.

- Changement de couleur du limbe: Généralement est le jaunissement des feuilles ou des aiguilles parfois on peut signaler une coloration rouge foncée ou brune de la couche cambiale des branches.

B. Les symptômes des bourgeons, des pousses et des rameaux

Chute et cassure de pousses, prennent une décoloration jaunâtre, ou un brunissement donnant un aspect de flétrissement, et encore des anomalies de croissance, avec un avortement total des bourgeons Latéraux; qui laisse les petites branches périphériques dénudées et se portant qu'un bouquet de feuilles à les extrémités chez les feuillus, par contre chez les résineux, l'arbre prend un aspect échevèle, du aux pousses principales qui ne portent que de courtes ramifications. (Bonneau, 1986 in Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).

C. Les symptômes des troncs et des branches

Chutes des branches, avec une décoloration. Des nécroses sur l'écorce. Écoulement remarquable de mucilage, de gomme et même de la résine. Des renflements et des tumeurs chancreuses spécialement sur les feuillus.

Un raccourcissement des branches maitresses portées directement par le tronc donnant à l'arbre un port triste, ce phénomène est remarqué surtout chez l'Epicéa c'est le (Bonneau, 1986 in Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).

D. Autres symptômes sur les feuilles et les aiguilles

Tableau 2 : Les dégâts au niveau de différents massifs ont été élaborés et classés selon les pertes foliaires sur une échelle comme celle de l'allemand GUNTHER.

Qui a défini les dégâts en 5 repaires

Degrés de défoliation	L'état sanitaire de l'arbre	Observation
0	Sain	7 années d'aiguilles hies vertes.
1	Maladif	Légèrement clairsemées vers le tronc.
2	Malade	Branches dépouillées d'1/3 à 1/2.
3	Très malade	Branches dénudées d'1/2 à 2/3.
4	Dépérisant ou mort	branches dénudées aux 2/3.

Source : (Bonneau, 1986 in Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).

2.6 Le phénomène du dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie

Le cèdre de l'Atlas est une espèce endémique et emblématique des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc dont l'aire de répartition s'étend sur une surface de 140 000 ha (Quézel et Médail, 2003).

L'Algérie a connue pendant le début des années 1980, des dépérissements du cèdre au Bélezma et à Theniet el Had (l'Ouarsenic). Ils se traduisent par le dessèchement des arbres.

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas a affecté la majorité des cédraies algériennes mais avec des degrés variables. Depuis les années 1980 des phénomènes très graves de dépérissement ont été observés dans divers forêts naturelles de cèdre en Algérie, en particulier les forêts des Aurès, à savoir les forêts de Chélia et surtout celles du Bélezma.

D'après (BOUDY 1950), 1 500 ha de vieille futaie était déjà en régression sur le versant sud du Djurdjura et 500 ha sur le versant nord, était en très mauvais état également. Tandis que la cédraie de Theniet-El-Had, aux arbres de tous âges, en mélange avec le *chêne-vert* et le *chêne-zeen*, était en bon état. Mais, actuellement, le déclin a pris une grande ampleur en touchant pratiquement tout le peuplement dans les Aurès et plus précisément dans la zone de Bélezma (BENTOUATI, 2008).

Le dépérissement actuel touche l'ensemble des cédraies des Aurès, mais à des degrés différents. Les plus affectées sont celles du *Bélezma*, soumises aux influences sahariennes, ainsi que les plus méridionales (*Taghda et Djebel Lazreg*) situées en limite sud des Aurès. (Bentouati et Bariteau 2006)

L'intensité du dépérissement varie selon la station. Les peuplements les plus touchés sont ceux situés à base altitude où le cèdre est en mélange avec le chêne vert, il touche non seulement les cèdres âgés, mais aussi les jeunes bouquets d'arbres (Bentouati, 2007).

2.7 Conclusion

Le dépérissement des arbres paraît être lié aux conditions écologiques défavorables exprimées par des expositions plus chaudes, des sols superficiels sur des pentes fortes et dont la capacité de retenir l'eau est limitée, prédisposées à des conditions stressantes contrairement au niveau du versant Nord.

CHAPITRE 2 Le dépérissement : Concepts, facteurs et caractéristiques générales.

Les causes du dépérissement du cèdre sont loin d'être identifiées de façon catégorique. En effet, ce phénomène tend à s'amplifier et semble suivre l'accélération des changements climatiques. (Betrouche 2012).

La sécheresse prolongée des ces dernières années, ainsi que l'âge avancé des peuplements seraient les principaux facteurs ayant prédisposé le cèdre au dépérissement. L'exposition de ces massifs aux influences sahariennes a accéléré la mortalité des arbres (Bentouati, 2007)

Chapitre 3
Matériels et méthode

3_1) introduction :

Dans le cadre de la réalisation d'un travail descriptif et analytique du dépérissement du cèdre, l'identification de l'état sanitaire des peuplements dépéris et l'étude de la relation entre ce dépérissement et les paramètres dendrométriques et stationnes ont été retenus.

L'objectif de notre travail est d'une part connaître la dynamique du dépérissement, et d'autre part de faire le point sur quelques facteurs écologiques (climat, sol, exposition et altitude) agissant sur ce phénomène.

L'expérimentation requise pour répondre à ces objectifs consiste en deux approches : l'approche spatiale où l'on recense la répartition des arbres dépéris selon l'altitude, la pente, l'exposition, ainsi que leurs paramètres dendrométriques (diamètre, hauteur) et leur état de santé (taux de défoliation) ; et l'approche temporelle qui vise à comparer l'évolution de la croissance radiale des arbres dépéris et des arbres sains dans six stations écologiques représentatives des peuplements de cèdre de l'atlas dans le parc national de theniet el had. Les données analysées sont celle des travaux de sarmoum et *al.*, (2019) et etude sur le dépérissement du cèdre de l'atlas dans le parc national de belezma (wilaya de batna) apport de la télédétection et sig de beloula (2010).

3_2) Choix des stations :

Le choix des sites est basé sur l'homogénéité en fonction des critères suivants : Altitude, exposition, pente et climat. Elles sont réparties selon deux cédraies, cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt) et Belezma (Wilaya de BATNA). L'objectif est de comparer entre deux ou plusieurs sites voisins mais ayant connu des taux de dépérissement différents et aussi comparer les arbres vivants aux arbres morts. D'après Munaut (1978), 10 à 20 arbres par cédraie et deux (02) carottes par arbre constituent un minimum pour détecter les anomalies et les variations de croissance intra et inter individuelles.

3_3) Collecte des données mésologiques :

Sarmoum et *al* (2019) ont procédé la méthode d'inventaire d'arbres dépéris pied par pied dans toute la cédraie touchée (Pardé et Bouchon, 1988 ; Rondeux, 1999). Pour ce faire, le découpage en cantons établi par le service forestier a été suivi, chaque canton étant subdivisé

en parcelles et sous-parcelles de superficie souvent inégale. L'inventaire a été réalisé sur toutes les sous-parcelles qui présentent des arbres dépéris. Pour chaque arbre dépéri, les coordonnées géographiques, l'altitude, l'exposition, la pente et son taux de défoliation ont été relevés.

3_4) Collecte de données dendrométriques :

Le choix des stations est dicté par la présence d'arbres dépéris (> 10 arbres) et de toutes les classes de défoliation. Le nom de la station porte les premières lettres du canton où elle se situe. Pour chaque station, les mesures dendrométriques ont été prises pour l'ensemble des arbres, dépéris et sains, de la station : • le diamètre, mesuré à l'aide d'un compas forestier à une hauteur de tronc de 1,30 m (Rondeux, 1999) ; • la hauteur totale de chaque arbre, mesurée à l'aide du dendromètre Blume-Leiss (Rondeux, 1999).

3_5) L'inventaire d'arbres dépéris :

L'état de santé des tiges de cèdre d'ordre symptomatologique, est identifié par le biais des caractères suivants : maladies du feuillage et évaluation des dégâts du houppier par tiers.

3_6) Le taux de défoliation :

La vigueur des arbres est régie par la vitalité de leur feuillage (abondance et couleur). Afin de décrire le peuplement inventorié, sur la base des situations sanitaires des aiguilles, quatre critères qualitatifs sont mis en évidence : feuillage sain, chute des aiguilles, dommage physique et dépérissement des feuillages. (Riou-nivert, 2005 ; Drénou, 2006).

Il est basé sur une observation visuelle après avoir divisé le houppier en quatre parties, de la partie supérieure « cime » jusqu'à la base du houppier vivant (D'Eon et al., 1995). La partie dépérie correspond à la partie transparente qui a perdu son feuillage. En se basant sur ce critère, cinq classes de défoliation sont définies : 0, arbre sain ; I, défoliation < 25 % ; II, 25 < défoliation < 50 % ; III, 50 < défoliation < 75 % ; IV, défoliation > 75 % ; V, arbre mort sur pied

3_7) Etat sanitaire du houppier :

Le houppier d'un arbre est l'ensemble des branches et des rameaux qui entourent la partie supérieure de l'arbre (Rondeux, 1993). L'état sanitaire du houppier d'un arbre est fortement corrélé avec sa croissance. Un houppier endommagé n'est autre qu'un indicateur de

souffrance d'un arbre. L'appréciation du déficit foliaire s'est effectuée par l'évaluation de la fréquence de dégradation du houppier tel que le démontre le Tableau 6 (O.N.F, 2010) :

Tableau 3 : Estimation du déficit foliaire en évaluant la fréquence de détrition du houppier

Fréquence	Indicatif%
Nulle à très faible	0 à 5 %
Faible	6 à 25%
Modérée	26 à 50 %
Importante	51 à 75 %
Très importante	76 à 95 %
Total	96 à 100%

Source : ONF 2010

3_8) Étude dendrochronologique

Dans chaque station, une population de treize arbres est choisie, dont dix arbres dépéris, répartis sur les différentes classes du dépérissement, et trois arbres sains, choisis parmi les arbres dominants et Co-dominants, et qui ne présentent aucune anomalie (Lanier et al., 1994). Pour chaque arbre, deux carottes sont prélevées à 1,30 m du sol.

Les carottes sont collées sur des réglettes en bois préalablement rainurées à leur diamètre et inter datées par inter comparaison visuelle sous la loupe binoculaire (Stokes et Smiley, 1968 ; Fritts, 1976).

Les mesures des largeurs de cernes annuelles sont effectuées à l'aide d'une machine LinTab05®, couplée au logiciel TSAP® (Time Series Analysis and Presentation) couramment utilisé dans les études dendroécologiques.

Le logiciel permet de mesurer la largeur totale du cerne annuel avec une précision de 1/1 000 de millimètre et de vérifier le synchronisme entre les séries de largeurs de cernes. Les épaisseurs des cernes de chaque carotte fournissent une série élémentaire ; la moyenne de deux séries élémentaires représentatives des deux carottes d'un même arbre fournit une série individuelle.

La chronologie maîtresse de la population résulte de la moyenne, année par année, des épaisseurs des cernes de toutes les séries élémentaires. Pour chaque population, deux séries maîtresses ont été élaborées, celle des arbres dépéris et celle des arbres sains.

La chronologie globale de chaque population représente la moyenne des épaisseurs des cernes de tous les arbres de la même station, dépéris et sains.



Figure 7: Carottage d'un cèdre à la tarière de Pressler au Chélia (Alileche 2012).

3_9) Analyse du sol - Analyse de base (physico-chimique) :

Les analyses faites sont : PH, Granulométrie, Calcaire (total, actif), Carbone organique, Azote,

Phosphore (assimilable, total), les bases échangeables, capacité d'échange cationique (CEC)

3_9_1) Méthodologie :

Séchage : il a été réalisé à l'aire

Tamisage : chaque échantillon a été séparé en 2 fractions terre fine dont les éléments ont une taille inférieurs à 2 mm et élément grossier supérieur à 2 mm.

Granulométrie : effectuée selon la méthode internationale (pipette de Robinson après dispersion à

L'hexametaphosphate de sodium.

PH : déterminé par PH-mètre.

Calcaire total : méthode du calcimètre de Bernard

Calcaire actif : méthode Drouinan à l'oxalate d'ammonium

Carbone organique : méthode Anne par oxydation chronique a chaud

Azote : méthode Kjeldalh

Phosphore assimilable : méthode Truog

Phosphore total : attaque à l'acide perchlorique et dosage colorimétrique.

Potassium total : attaque de 5 H à l'acide nitrique et dosage par photométrie de flamme

Les bases échangeables : percolation à l'acétate d'ammonium, dosage de K et Na par photométrie de flamme, dosage de Cd et Mg par spectrophotométrie d'absorbtion atomique.

Capacité d'change cationique (CEC) : après percolation à l'acétate d'ammonium, lavage à l'alcool et percolation par le chlorure de sodium à 10%.

Chapitre 4 :
Résultats et discussion

Dans la présente étude, la synthèse et l'analyse des résultats ont concerné deux cédraies : celle du Parc National De Theniet El Had Sarmoum et *al.*, (2019) ; et le deuxième est celle du Parc National de Belezma Beloula (2010) ; en vue de comprendre l'évolution et les facteurs impactant le phénomène du dépérissement du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*.

4_1) Les variables mésologiques

Le dépérissement est fréquent aux basses altitudes, la figure (1) représente la Répartition des arbres dépéris selon les conditions mésologiques.

La tranche altitudinale de 1 400 à 1 500 m constitue la classe la plus affectée, avec un taux de 35 % (figure 1a). Les faibles fréquences enregistrées dans les deux premières classes (altitude < 1 400 m) semblent liées à la structure du peuplement forestier car le cèdre est faiblement représenté dans cette tranche altitudinale (Sarmoum et *al.*, 2018). Le dépérissement est observé à toutes les expositions (figure 1b) mais les expositions orientées vers l'Est (NE, NNE, SE) apparaissent les plus affectées (62% l'effectif total).

La pente semble également jouer un rôle important dans la mortalité : 54 % des arbres morts sont situés sur des pentes allant de 50 à 100 % (figure 1c). L'incidence des accidents vasculaires cérébraux est plus faible sur terre avec une pente moyenne de 25 à 50 % (29 %) et sur terrain plat (17 %).

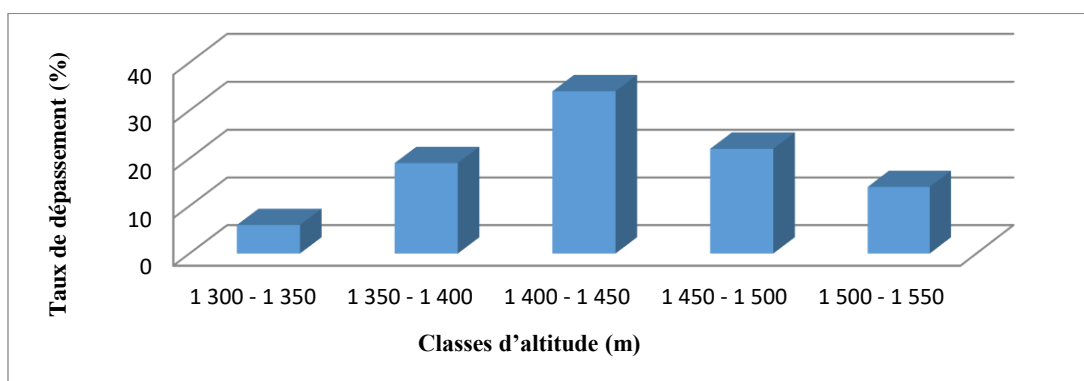


Figure (a) : Répartition des arbres dépéris selon les classes d'altitude (m) dans la zone d'étude avec une tendance de diminution du taux de dépérissement en fonction de l'altitude. Sarmoum et *al.*, (2019).

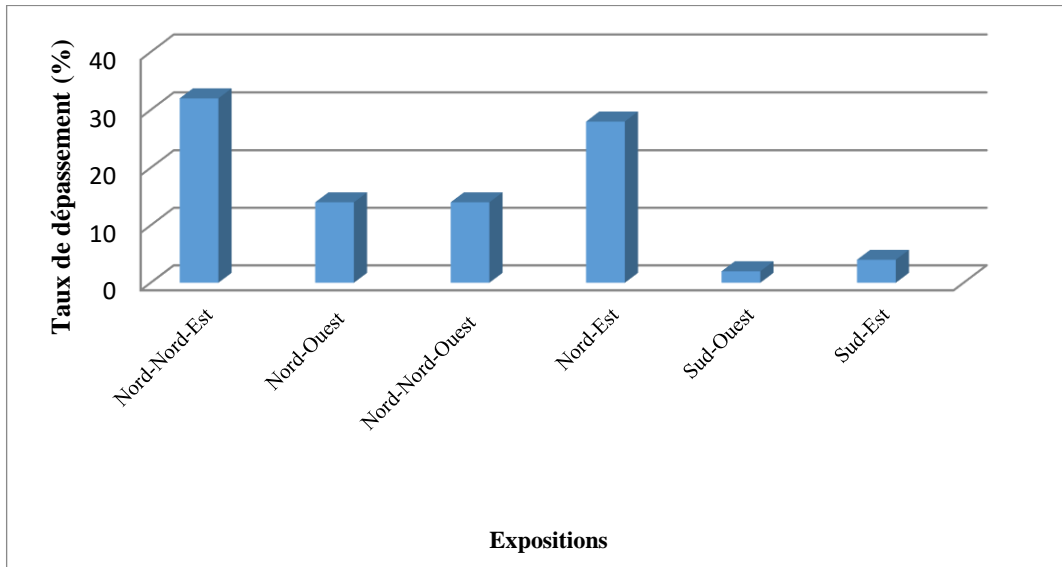


Figure (b) : Répartition des arbres dépéris selon les classes d'altitude (m) dans la zone d'étude avec une tendance de diminution du taux de dépérissement en fonction de l'altitude. Sarmoum et *al.*, (2019).

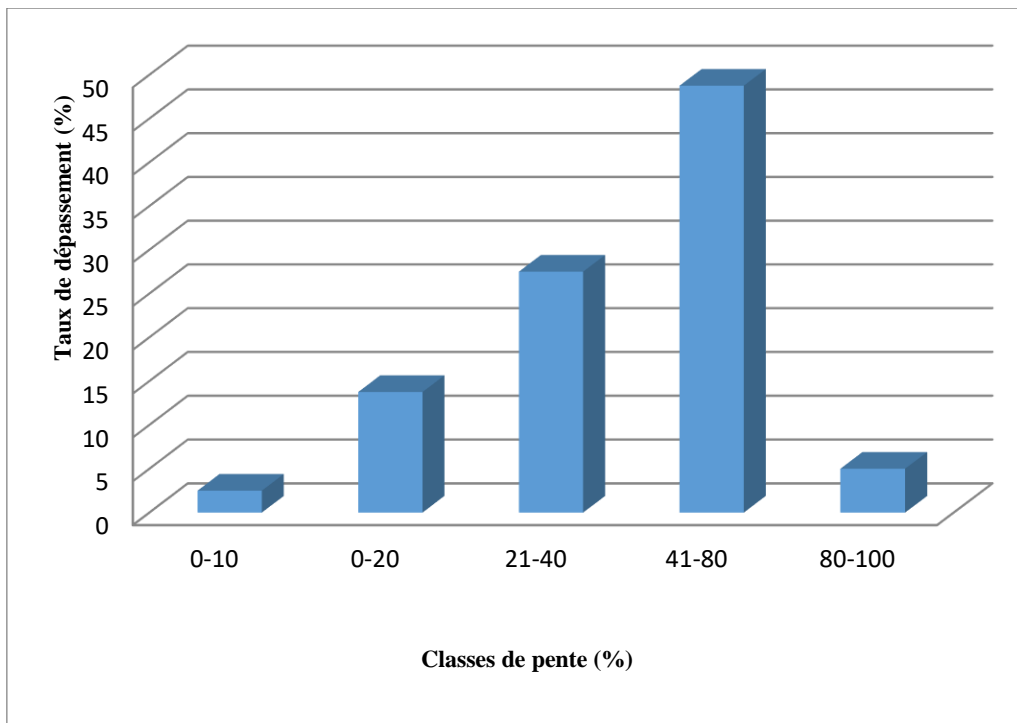


Figure (C) : Répartition des arbres dépéris selon les classes de pente (%), le taux le plus élevé de dépérissement caractérise les sites à forte pente (> 50%). Sarmoum et *al.*, (2019).

4_2) État de santé et variables dendrométriques

Les symptômes du dépérissement sont une défoliation progressive associée à l'évolution des états sanitaires pouvant aller jusqu'à la mort de l'arbre. Quant aux variations spatiales, le dépérissement se manifeste souvent par des arbres isolés ou des taches isolées et très rarement en dépérissement massif. Sarmoum et *al.*, (2019).

4_2_1) Taux de défoliation

La distribution des arbres dépéris en fréquence relative (%) dans les différentes classes de défoliation (figure 2) :

- montre une dominance de la classe V (arbres morts sur pied) avec un taux de 49 %.
- La classe IV, représentant les sujets dépéris à 75 %, est située en deuxième position avec un taux de 28 %.
- Les autres classes (défoliation inférieure à 75 %) ne représentent que 23 % du total

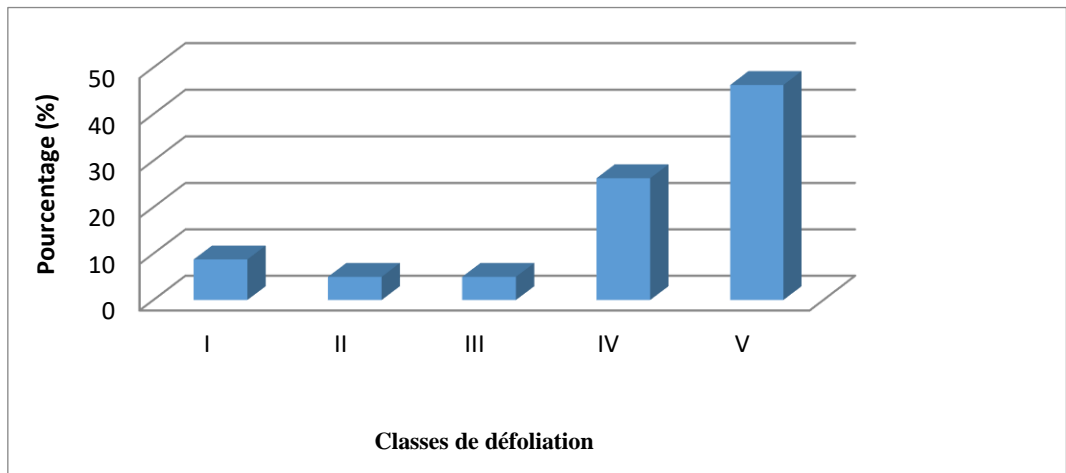


Figure 8 : Répartition des arbres dépéris (%) selon le taux de défoliation. Sarmoum et *al.*, (2019).

4_2_2) Diamètre

En effet, la moyenne du diamètre des arbres dépéris est supérieure à celle des arbres sains chez la plu- part des populations, à l'exception de la population GUAR (tableau I). La différence enregistrée pour les diamètres des arbres dépéris et sains est très significative entre les différentes populations $0,01) \leq (F = 14,1 ; P$ localisées dans des conditions écologiques différentes. Lyse de la distribution des tiges dans les différentes classes de diamètre (figure 3)

montre que la plupart des populations, à l'exception de la population TOUR, présentent une distribution normale.

4_2_3) Hauteur totale

Néanmoins, les classes 10-15 m et 15-20 m sont les plus affectées (figure 4). La moyenne de la hauteur des arbres dépéris est supérieure à celle des arbres sains pour les populations PEP, DJOUA, ROND et OUAR (tableau I), tandis que, chez les populations TOUR et GUAR, la moyenne de la hauteur des arbres sains est supérieure à celle des arbres dépéris. Il faut noter que les populations TOUR et GUAR ont fait l'objet d'une opération d'assainissement (abattage des arbres dépéris) durant la période 1987-1992 (Messaouden et al, 2013), ce qui peut expliquer cette différence de hauteur enregistrée entre les arbres dépéris et sains.

Tableau 4 : Valeurs dendrométriques moyennes et leurs écarts-types des arbres dépéris et des arbres sains par station. Seuils de signification du test Kolmogorov- Smirnov sur la distribution des fréquences par rapport à l'ajustement normal. Avec Ns : non significative ; * : significative ($P \leq 0,05$); ** : très significative ($P \leq 0,01$) ABCD : groupes homogènes des populations après analyse de la variance et comparaison post-hoc (test Tukey) des moyennes.

	Hauteur moyenne	± écarts types Arbres sains	Diamètre moyen Arbres dépéris	± écarts types Arbres sains
PEP	17,06 ± 4,63 (Ns) B	12,57 ± 7,88 (**) B	68,62 ± 28,52 (Ns)BC	41,75 ± 27,51 (**)BC
TOUR	13,91 ± 6,21 (Ns) BC	22,30 ± 8,99 (Ns)BC	44,25 ± 16,01 (*) A	42,82 ± 17,97 (Ns)A
GUAR	13,81 ± 2,92 (Ns) B	17,23 ± 5,02 (**) B	53,04 ± 16,11 (**)BC	59,48 ± 22,98 (**)BC
DJOUA	11,08 ± 4,44 (**) A	11,08 ± 4,44 (**) A	11,08 ± 4,44 (**) A	11,08 ± 4,44 (**) A
ROND	17,77 ± 4,92 (Ns) C	17,77 ± 4,92 (Ns) C	17,77 ± 4,92 (Ns) C	17,77 ± 4,92 (Ns) C
OUAR	13,20 ± 6,96 (Ns) A	11,08 ± 4,44 (**) A	11,08 ± 4,44 (**) A	11,08 ± 4,44 (**) A

Source : Sarmoum et al., (2019).

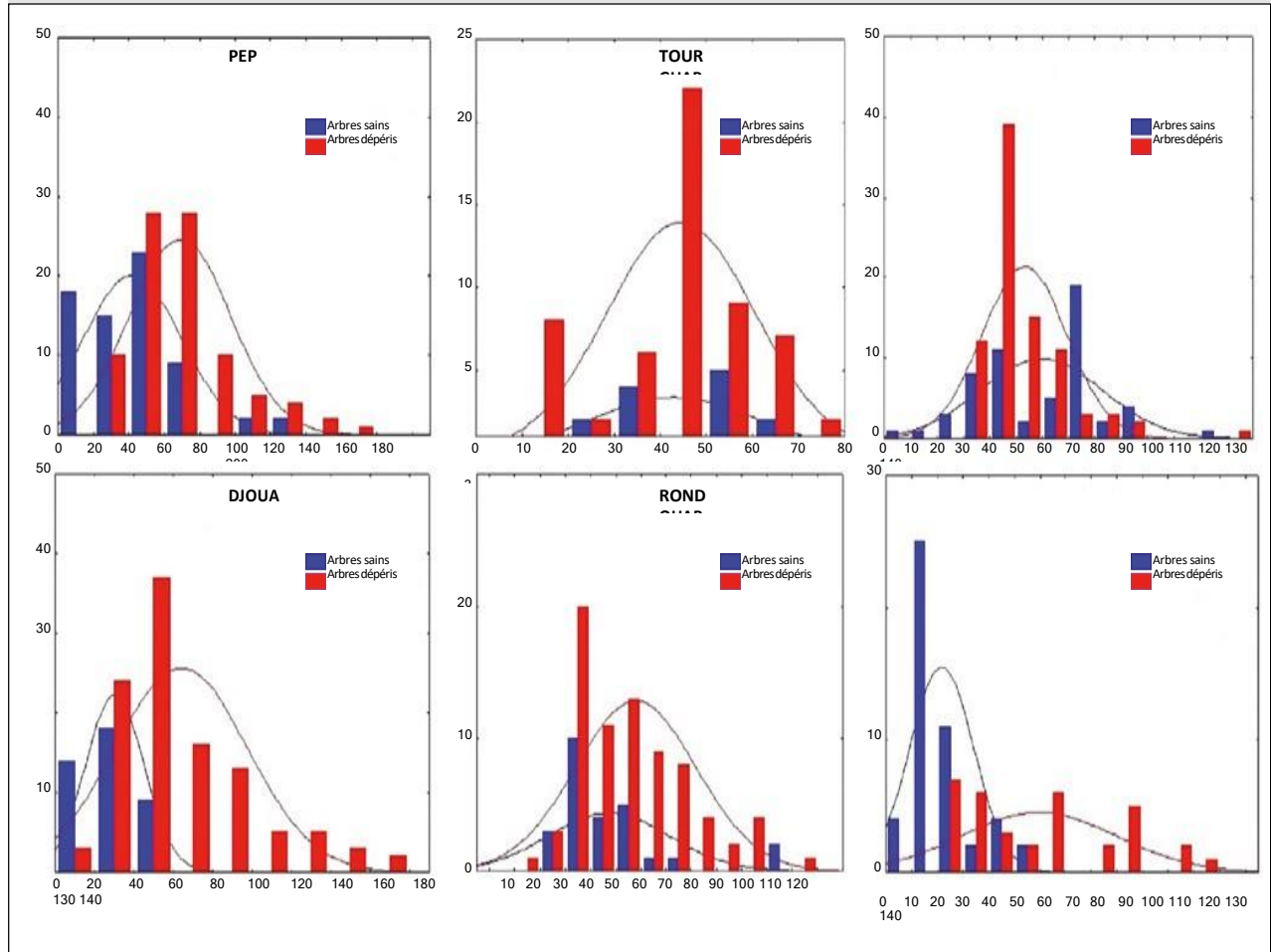


Figure 9 : Répartition des arbres déprés (AD) et des arbres sains (AS) selon les classes de diamètre (cm), pour les différentes stations écologiques.

4_2_4) Analyse dendrochronologique

L'analyse de la croissance radiale montre un bon synchronisme dans les variations des épaisseurs annuelles des cernes des différentes populations (arbres sains et dépéris), comme le montrent les valeurs des coefficients de corrélation qui s'échelonnent entre 0,59 et 0,90 (tableau II). La comparaison des chronologies de cernes des arbres dépéris et sains montre une faible activité cambiale chez les arbres dépéris, marquée par des cernes très minces, en particulier ces dernières décennies (figure 6). Hormis les populations OUAR et TOUR qui manifestent une faible sensibilité (0,18 et 0,22 respectivement) sur la période récente, les autres populations sont marquées par des valeurs très élevées allant de 0,34 à 0,42.

Tableau 5 : Paramètres dendrochronologiques relatifs aux sites échantillonnés. EMC : épaisseur moyenne des cernes et son écartype (ET). ABCD : groupes homogènes des populations après analyse de la variance et comparaison post-hoc (test Tukey) des épaisseurs moyennes des cernes. R : coefficient de corrélation entre la croissance des arbres dépéris et des arbres sains. SM : sensibilité moyenne

	EMC ± ET	EMC ± ET	Coefficient de corrélation R	SM	SM	SM	SM
	arbres dépéris	arbres sains		arbres dépéris	arbres dépéris	Chronologie globale	1980-2010
PEP	SM	1,63 ± 0,84 C	0,90	0,33	0,31	0,25	0,40
SM	1980-2010	1,20 ± 0,56 A	0,80	0,29	0,26	0,19	0,22
1980-2010	SM	1,77 ± 0,80 D	0,66	0,36	0,36	0,30	0,39
SM	1980-2010						
1980-2010	SM	1,32 ± 0,81 BC	0,90	0,32	0,32	0,27	0,42
SM	1980-2010	1,39 ± 0,74 D	0,87	0,34	0,29	0,29	0,34
1980-2010	0,74 ± 0,38 B	0,91 ± 0,35 B	0,59	0,25	0,25	0,16	0,18

Source : Sarmoum et al., (2019).

4_3-) Caractérisations physico-chimiques des sols

A travers les résultats obtenus par Beloula(2010); dans ce chapitre on peut faire les constatations suivantes :

La texture des sols étudiés varie entre argileuse et sablonneuse. Ces textures sont globalement défavorables à la vie des racines, et s'agisse défavorablement sur les propriétés physiques des sols.

Du point de vue biochimique, les sols étudiés sont pauvres en matière organique avec un taux de 3.01%.

Le rapport (C/N) est en général inférieur à 10. Cette valeur traduit une bonne minéralisation de la matière organique. Ceci est favorisé par la richesse des sols en calcium et un climat favorisant la minéralisation (climat aride).

Les sols sont riches en calcaire total (jusqu'à 65.53%).

L'excès du calcium engendre des phénomènes de blocage de plusieurs éléments

Les données sont regroupées dans le tableau suivant

Tableau 6 : Données physico-chimiques des stations

	Dj. Boumerzoug			Dj. Tuggut		
	Alt: 1520		Pente: 15	Alt: 1480		Pente: 21
Exp: Nord	A 59	MO% 4,01	Ca++ 18,14	A 39	MO% 4,39	Ca++ 26,3
	LF 9	C% 2,41	Mg++ 9,23	LF 12	C% 2,55	Mg++ 12,8
	LG 8,25	N% 0,12	K+ 1,9	LG 28,95	N% 0,18	K+ 2,5
	SF 4,85	C/N 15,99	Na+ 0,5	SF 8,53	C/N 14,16	Na+ 1,7
	SG 6,22	CE 0,18	PH : 8,76	SG 11,28	CE 0,13	PH : 8,63
		Alt: 1400		Pente: 25	Alt: 1400	
Exp: Nord	A 55	MO% 3,01	Ca++ 19,1	A 40	MO% 5,04	Ca++ 25,4
	LF 6	C% 1,75	Mg++ 11	LF 8	C% 3,32	Mg++ 10,6
	LG 25,77	N% 0,14	K+ 1,3	LG 45,3	N% 0,25	K+ 1,2

	SF 4,26	C/N 12,5	Na+ 0,5	SF 2,84	C/N 13,28	Na+ 0,6
	SG 7,84	CE 0,16	PH : 8,58	SG 13,1	CE 0,16	PH : 8,47
Exp: Sud	Alt: 1520		Pente: 15	Alt: 1520		Pente: 45
	A 62	MO% 5,51	Ca++ 17,85	A 41	MO% 4,12	Ca++ 23,13
	LF 14,50	C% 3,2	Mg++ 8,45	LF 11	C% 2,65	Mg++ 13,25
	LG 11,63	N% 0,27	K+ 1,3	LG 12,19	N% 0,19	K+ 1,67
	SF 3,12	C/N 11,85	Na+ 0,5	SF 3,22	C/N 17,9	Na+ 0,29
	SG 8,19	CE 0,17	PH : 8,79	SG 10,25	CE 0,22	PH : 8,40
Exp: Sud	Alt: 1420		Pente: 25	Alt: 1420		Pente: 18
	A 63	MO% 3,94	Ca++ 22,02	A 38	MO% 3,39	Ca++ 21,99
	LF 17	C% 2,29	Mg++ 15,04	LF 15	C% 3,13	Mg++ 12,9
	LG 23,52	N% 0,13	K+ 0,42	LG 23,22	N% 0,2	K+ 0,98
	SF 3,54	C/N 17,61	Na+ 0,5	SF 3,69	C/N 16,7	Na+ 0,4
	SG 11,68	CE 0,16	PH : 8,71	SG 12,09	CE 0,24	PH : 8,76

Source : Beloula(2010).

Discussion

Un inventaire de l'état actuel du dépérissement du cèdre de l'Atlas indique que ce phénomène est associé à la basse altitude, aux fortes pentes, à l'exposition aux hautes températures et aux emplacements ensoleillés (NNE, NE et SE). (La forêt est gravement touchée). Sarmoum et *al.*, (2019).

L'analyse des paramètres dendrométriques montre que le bois mort se caractérise par un diamètre et une hauteur élevés, suggérant que ce phénomène affecte les arbres matures et âgés dans les stades avancés de dépérissement (défoliation > 75%). Sarmoum et *al.*, (2019). Dans ces conditions, les cédraies semblent sujettes à des phénomènes de dépérissement. En fait, les altitudes inférieures reçoivent moins de pluie que les altitudes supérieures et sont exposées à des températures plus élevées, en particulier dans le cas du rayonnement solaire. Fritts (1976).

En outre, les conditions montagneuses accidentées du pays contribuent à accroître la rareté de l'eau (Hasnaoui et al, 2006 ; Zine El Abidine et al, 2014). L'âge avancé des arbres semble amplifier cette situation car, avec l'âge, les arbres perdent leur vigueur (Thomas et al, 2002 ; Linares et al., 2013). Les populations soumises à ces conditions sont caractérisées par une sensibilité moyenne plus élevée que les populations de haute altitude. Selon Fritts (1976), c'est souvent au centre de son aire de répartition qu'une espèce est la moins limitée par les facteurs climatiques. En bordure de son aire de répartition, le climat est plus limitant.

L'analyse rétrospective de la croissance radiale a révélé que les arbres dépéris manifestaient des difficultés de croissance dès leur jeune âge. Cette variabilité individuelle du comportement éco physiologique des arbres (potentiel hydrique négatif, absence de croissance, absorption racinaire et contrôle stomatique) joue un rôle important dans la réponse du cèdre du Japon aux modifications des facteurs écologiques, notamment climatiques (Zine et Abidine et al, 2014 ; Aoubouazza, 2017). , reflétée dans la croissance des arbres flétris, augmente après des années de sécheresse. Cela entraîne une perte progressive de vitalité, qui se manifeste par la mort des arbres (Touchan et al, 2008).

Ces résultats corroborent ceux de Zine El Abidine (2003) et Rhanem (2011) au Maroc, et ceux de Bentouati et Bariteau (2006) à Alès, suggérant que l'extinction a été causée par plusieurs facteurs (changement climatique, manque de sylviculture). Aoubouazza (2017) a constaté que le dépérissement des cèdres de l'Atlas marocain était plus élevé dans les sols riches en argile en raison d'une perméabilité plus faible, ce qui affecte l'équilibre hydrique du sol. Cependant, le stress hydrique dû à une sécheresse de plus de 20 ans apparaît souvent comme le facteur prédisposant et/ou inducteur le plus important (Linares et al, 2013 ; Kherchoche et al, 2013).

En effet, la physiologie du cèdre est essentiellement dépendante de l'approvisionnement en eau, et les sécheresses récurrentes perturbent l'approvisionnement en eau depuis plus de 20 ans (Ladjal et al, 2007 ; Gaba-Chahboub et al, 2007 al, 2016). Les peuplements exposés à ces conditions sont constitués d'arbres affaiblis, le plus souvent attaqués par des pathogènes et des insectes ligneux (Rouault et al, 2006). Ces résultats peuvent expliquer la survenue du dépérissement du cèdre de l'Atlas après une sécheresse prolongée (Touchan et al, 2008 ; Linares et al, 2013).

CONCLUSION GENERAL

Cette première approximation du dépérissement du cèdre de l'Atlas permis de montrer la relation entre ces dépérissements et des facteurs tels que l'altitude, l'exposition et la pente. Ce phénomène a affecté les forêts de cèdres vers les marges inférieures d'élévation, sur les sites ensoleillés et sur les sols escarpés. Ces facteurs sont considérés comme des facteurs prédisposant au phénomène de mortalité massive.

L'analyse des paramètres dendrométriques indique que le dépérissement affecte des individus d'âges différents, bien qu'il ait été démontré que les arbres plus âgés sont plus gravement touchés.

Les arbres affectés dans la zone d'étude montrent un stade de dépérissement avancé, car le bois mort et la défoliation évidente sont les plus fréquemment enregistrés. Les arbres morts se caractérisent également par une activité cambiale plus faible et une sensibilité au climat relativement plus élevée que les arbres sains.

Ces caractéristiques écophysologiques peuvent s'expliquer par des différences individuelles entre les arbres d'une même population. Les difficultés végétatives des arbres flétris sont exacerbées après des années de sécheresse, entraînant éventuellement la mort. La déshydratation agit comme un déclencheur et un exacerbateur.

D'autres facteurs peuvent également contribuer à l'apparition de ce phénomène, tels que : B. propriétés édaphiques des agents pathogènes et des sols, soulignant l'importance de recherches parallèles sur ce sujet.

Dans l'ensemble, le maintien de la santé des forêts de cèdres nécessite une surveillance et des mesures préventives. Enfin, il serait intéressant de compléter ce sujet par des études sur d'autres facteurs dans différentes stations forestières.

Références Bibliographiques

1. **Abdeladim , L.,2017-** Etude des Causes du Dépérissement de la Cédraie du Moyen-Atlas, Haut Commissaire aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification , Maroc ,Pp6-7.
2. **ABDENDI, Z.E., 2003-**Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte, Sécheresse, Vol.14, n° 4, pp. 209-218.
3. **ABDESSEMED, 2010 :** Comportement des semis du Cèdre de l'Atlas en conditions de stress thermique. Mémoire de magistère. Univ. Mentouri de Constantine. 128 p.
4. **ABDESSEMED, K. 1981 :** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing., Univ. Aix-Marseille III. 199 p.
5. **ABDESSEMED, K., 1981-** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurès et de Bélezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Université St Jérôme, Marseille, thèse de doctorat, 199 p.
6. **ALLEN,C.D., MACALADY,A., CHENCHOUNI, H., BACHELET, D., MCDOWELL N.,VENNETIER M., GONZALES, P., HOGG, T., RIGLING, A., BRESHEARS D.D.,FENSHAM, R., ZHANG Z., KITZBERGER, T., LIM J.-H., CASTRO, J.,RUNNING S.W., ALLARD, G., SEMERCI, A. et COBB, N., 2009.** Le dépérissement des forêts dû au climat : un phénomène planétaire croissant ? *Unasylva* 231/232, Vol. 60, pp. 43-49.
7. **AMIRAT Y., 2016 :** Analyse structurale de la cédraie en quelques points du Djurdjura NordOuest (Thala-Guilef et Thabourth-El-Inser). Mém. Magistère, Univ. Mouloud MAMMERI,Tizi-Ouzou. 78 p.
M'HIRIT O., 2006 : Le cèdre de l'atlas : mémoire du temps. Ed. Mardaga.288 p.
8. **ANONYME, 2014. I.N.R.A :** Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique . <http://dx.doi.org/10.1080/01811789.1984.10826679>
9. **Aoubouazza M., 2017.** Influence des propriétés hydrodynamiques du sol sur la sensibilité au dépérissement du Cèdre dans le Causse moyen-atlasique central marocain. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5 (3) : 293-303.
10. **AUCLAIR, A.N.D., EGLINTON, P.D. et MINNEMEYER, S.L., 1997 -** Principal forest dieback episodes in Northern Hardwoods: Development of numeric indices of areal extent and severity. *Water, Air and Soil Pollution*, n° 93, pp. 175-198.

11. **AUSSENAC, G. 1984** : Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131(2- 4), 385-398.
12. **AUSSENAC, G. et FINKELSTEIN D., 1983** - Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. Annales des Sciences Forestières, Vol. 40, n° 1, pp. 67-77.
13. **AUSSENAC, G. et VALETTE J.C., 1982** - Comportement hydrique estival de *Cedrus atlantica* Manetti, *Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens*. Annales des Sciences Forestières, Vol. 39, n° 1, pp 41-62.
14. **BAIZE , D., 2001** - Petit lexique de pédologie. Ed. Dunod. Paris. 331 p.
15. **BARITEAU, M. & FERRANDÈS, P. 1992** : Les Cèdres. In : Amélioration des espèces végétales cultivées, chap. 8 : les espèces forestières / A. Gallais, H. Bannerot, Eds. INRA Paris. Pp : 733-743.
16. **BASTIEN Y., AUSSENAC G., et FROCHOT H., 2000**. Les changements climatiques : conséquences pour la sylviculture. Rev. For. Fr. 1.II
17. **BECKER M., 1987**. Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. Vol. 44, no4.Pp :379-401.
18. **BECKER, M. & LEVY, G. 1983** : Installation et dynamique d'une population de semis de chêne en milieu hydromorphe sous l'influence de divers facteurs (lumière, régime hydrique, compétition herbacée), Acta Oec. (Oecologia Plantarum), 4 (18): 299-317.
19. **BELOULA .S 2010**. Etude sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Belezma (Wilaya de BATNA) Apport de la télédétection et SIG.P39 _58.
20. **BENABID A, 1994** : Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Ann. Rech. For. Maroc, 1994), T 27), 61-76.
21. **BENCHEKROUN, F. 1993** : L'économie de la cédraie marocaine et son impact sur le développement des collectivités locales. Annales des Recherches Forestières du Maroc 27(spécial). Pp : 714-724.
22. **BENTOUATI, A. et BARITEAU M., 2006** - Réflexion sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne, Vol. XXVII, pp. 317-322.
23. **BENTOUATI, A., 2008** - La situation du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne, Vol. XXIX, pp. 203-208. BENTOUATI, A., 2007. La situation du cèdre de l'atlas en Algérie, Forêt méditerranéenne ; journées d'études changements climatiques et forêt méditerranéenne « 9 novembre 2007 ».
24. **BERT G.D., 1992**. Influence du climat, des facteurs stationnels et de la pollution sur la croissance et l'état sanitaire du sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) dans le Jura. Etude

- phytoécologique et dendroécologique. Doctorat de l'Université de Nancy1 en Sciences du Bois, Biologie Végétale et Forestière. Pp : 1-110.
25. **Betrouche,F.,2012-** Evolution spatio-temporelle du dépérissement du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manétti dans le massif de Belezma wilaya de Batna : apport de la géomatique.Mémoire es Science (M.Sc.),Univ Houari Boumediene ,Algérie,Pp65-66.
 26. **BLACK ,C., et EVAN D., 1965-** Methods of soil analysis. Ed. American Society ofAgronomy. Part 2, pp. 917-918.
 27. **BOUDY P. 1950** : Economie forestière Nord-Africaine : Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, T2. Pp : 529-619.
 28. **BOUDY P. 1952** : Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières. Ed. La maison rustique, 505 p.
 29. **BOUDY, P. 1952** : Considération sur la forêt algérienne et sur la forêt tunisienne. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'Agriculture de France. T 39, séances des 8 et 15 Octobre 1952 : 529 – 543 .
 30. **BOUDY, P., 1950 -** Economie forestière Nord Africaine : Monographie et traitements des essences forestières. Édition Larose, Paris, 878 p.
 31. **BOVEY, P., 1971-** L'impact de l'insecte déprédateur sur la forêt : la lutte biologique en forêt. Ann. Zool. Ecol. Anim., HS .Vol. 3, 212p.
 32. **CHALABI B, 1980** : Etude écologique, dendrologique et dendrométrique du pin noir Algérien *Pinus nigra* Arn-sous esp *Clusaina clem.* Var *Mauritanica* Maire et Peyer) à Tikjda. Djurdjura. Mémoire. Ing. Alger. 78 p.
 33. **CHARARAS, C., 1982** – Les insectes parasites des forêts. La Recherche.Vol.132 , n° 13 .pp 440-451.
 34. **DE VILMORIN G.B., 2003** : Histoires d'arbres. Ed. Jean-paul Gisserot. Paris, 280p.
 35. **DERRIDJ A, 1985** : Etude de l'écologie, de la régénération et de plantules du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti. D.E.A. UPS Toulouse France. 74 p.
 36. **DERRIDJ A, 1990** : Etude des pollinisations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 288 p.
 37. **Drénou, C. 2006.** Les racines: face cachée des arbres. IDF. Paris. 335p.
 38. **Driss GH et François L 2004.** Deperissement du cedre et relations avec les facteurs biologiques dans le moyen atlas. Pp 1-9.
 39. **DUCREY, M. 1993** : Adaptation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen. Aspect écophysiological de sa réaction à la sécheresse. *Silva Mediterranea* Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas. Ifran (Maroc) ; 7 -- 11 juin 1993: 140 --150.

40. **DUCREY, M.,1994** – Adaptation du cèdre de l’Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen : Aspects écophysologiques de sa résistance à la sécheresse. Annales de la recherche forestière au Maroc – 27 (Spécial) Vol. 1. pp. 140-153.
41. **FIOT J-L., CAROULLE F. et LUCAS S., 2007.** Dépérissement et mortalité de quelques essences. L’IF. N° 16, 3° trimestre.
42. **Fritts H. C., 1976.** Tree-rings and Climate. London, United Kingdom, Academic Press, 534 p.
43. **GARREC J.P., 1994.** Les dépérissements Littoraux d’arbres forestiers. Rev. For. Fr. XLVI. Pp : 254-457.
44. **GAUSSEN H, 1967** : Les gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des sciences de Toulouse, Fasc. 7, 477p.
45. **GAUSSEN, H. 1967** : Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Trav. du lab. Forest Toulouse, Volume I, fasc VI. PP 294-319.
46. **GAZONNEAU A., 2007.** Pour la forêt méditerranéenne, le changement climatique est déjà à l’oeuvre. <http://actscience.blogspot.com/2007/11/pour-la-for-mditerranenne-le.html>
47. **HALITIM, S., 2006-** Contribution à l’étude de la réserve utile en eau des sols de cédraies dans les Aurès : Influence des facteurs édaphiques, thèse magistère, option pédologie, université de Batna, 104p.
48. **HARFOUCHE A. et NEDJAH A., 2003** : Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l’Aurès à la recherche de peuplements semenciers et d’arbre. Rev. For. Fr. Vol. 55, n°2, Pp: 113-122.
49. **HARTMAN G., NIENHAUS F., BUTIN H. et WINTER K., 1991.** Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers. Ed5Atlas de reconnaissance en couleurs des maladies, insectes et divers.) . Française institut pour le développement forestier (IDF). 256 p.
50. **HARTMAN G., NIENHAUS F., BUTIN H. et WINTER K., 1991.** Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers. Ed5Atlas de reconnaissance en couleurs des maladies, insectes et divers.) . Française institut pour le développement forestier (IDF). 256 p.
51. **HOUAMEL, 2012** : Contribution a l’étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna cas du Parc National du Belezma. Mémoire de Magistère. Univ Aboubeker Belkaïd. Tlemcen. 84 p.
52. **KHANFOUCI M, 2005** : Contribution à l’étude de la fructification et de la régénération du cèdre l’Atlas (*Cedrus atlantica* -Manetti) dans le massif de Belezma. Mémoire Mag.

Dép. Agr. Batna. 249 p.

53. **Kherchouche D., Kalla M., Gutiérrez E., Briki A., Hamchi A., 2013.** La sécheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algérie). *Sécheresse*, 24 : 129- 137. <https://doi.org/10.1684/sec.2013.0384>
54. **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 MAMMARI, Tizi-Ouzou. 227p.
- Maire, 1952 :** Flore de l'Afrique du Nord. Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledonea (Glumiflorae p.p). Encyclopédie biologique XXXIII , 2, Le chevalier Paris : 366p.
55. **KROUCHI, 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. Thèse Doctorat. Univ U.M.M.T.O. 227 p.
56. **LAFLAMME G, 1992.** Diagnostic des cas de dépérissement. Coll. Recherche sur le dépérissement. Un premier pas vers le monitoring de forêts. 1ère partie. Pp 189-193, Canada.
57. **LAMHAMEDI, M. & CHBOUKI, N. 1994 :** Les principaux facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc*, 27 (2): 243-257.
58. **LANDMANN G., 1994.** Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. *Rev. For. Fr.* XLVI - 5- Pp : 405-415.
59. **LEDANT, JP. 1975:** Essences forestières algériennes (Indigènes et exotiques) Notes de dendrologie. Dépt de forêt. INA El-Harrach .Alger :133p.
60. **LEPOUTRE, B. 1963 :** Observations sur la régénération du cèdre par taches. *Ann. Rech. Maroc. Fasc. 1, S.R.F Rabat* : 17 p.
61. **Linares J. C., Taïqui L., Sangüesa-Barreda G., Ignacio Seco J., Camarero J. J., 2013.** Age-related drought sensitivity of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests. *Dendrochronologia*, 31: 88-96.
62. **M MESSAOUDENE, Kh RABHI, A MEGDOUD, M SARMOUM et M DAHMANI-MEGREROUCHE., 2013.** Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes IIIe Semaine forestière méditerranéenne – Tlemcen forêt méditerranéenne t. XXXIV, n° 4, Pp341- 346.
63. **M. Sarmoum, R. Navarro-Cerrilo, F. Guibal(2019).** Bilan actuel et rétrospectif du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie).

64. **M'HIRIT O, 1994** : Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances a travers le réseau Silva Méditerranéa "le Cèdre". Ann. Rech. For. T (27), 205-217.
65. **M'HIRIT O. et BENZYANE M., 2006** : Taxonomie et répartition historique, in M'HIRIT O, le cèdre de l'Atlas. Ed. Mardaga. Pp : 13-26.
66. **M'HIRIT O. et BLEROT P., 1999** : Le grand livre de la forêt marocaine. Ed. Mardaga, 280p.
67. **M'hirit O., 2006**: Le Cèdre De L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. Mardaga: 288p.
68. **M'HIRIT O., BENZYANE M., et BLEROT P. 2006** : Le cèdre de l'Atlas : Mémoire du temps, Éd. Mardaga. 245p.
69. **M'HIRIT O. et BENZYANE M., 2006**. Taxonomie et répartition historique, in M'HIRITO, le cèdre de l'Atlas. Ed. Mardaga. Pp : 13-26.
70. **M'HIRIT O. et BLEROT P., 1999**. Le grand livre de la forêt marocaine. Ed. Mardaga, 280p.
71. **MAUGARD, F., 1992** - L'action des pathogènes d'équilibres sur les jeunes peuplements en état de faiblesse. La Santé des Forêts., pp. 43-44.
72. **MEDDOUR R, 1994** : Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du Parc National de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de la végétation de l'Atlas Blidéen. Thèse. Magist. Ins. Nat. Alger, 330p.
73. **MEDDOUR R, 2010** : Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse. Doct. Agr. Option. Foresterie. Ins. M.M.T.O. 398p.
74. **MEDDOUR R., 2010** : Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse. Doct. Agr. Option. Foresterie. Ins. M.M.T.O. 398p.
75. **MEDDOUR, R. 2010** : Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple de groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djuedjuréenne. Thèse. Doct. Agr. Option Foresterie. Ins. M.M.T.O. 398P.
76. **M'HIRIT O., 1994**: Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances a travers le réseau Silva mediterranea "Le cèdre". Ann. Rech. For. Maroc, T (27). Pp : 3-21.
77. **M'HIRIT, 1982** : Etude écologique et forestière des cédraies du Rif Marocain : Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas Ann. Rech. For. Maroc. Vol.2: 499p.
78. **M'HIRIT, 2006** : Le Cèdre De L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. Mardaga: 288p.

79. **MOORE, J.D., 1999** - Effets du chaulage sur la nutrition, la vigueur et la croissance de l'érable à sucre à la station forestière de Duchesnay. Mémoire es Science (M.Sc.), Univ., Laval, Canada, 60 p.
80. **MOUNA, M., 1994**- Etat des connaissances sur l'entomofaune du cèdre de l'atlas (*cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, (1994), Tome 27, pp. 513-526.
81. **Munaut. A.V, 1978** : La dendrochronologie. Une synthèse de ses méthodes et applications. Lejeunia, vol. 91, n° 1978, pp. 1-47.
82. **NEDJAH A, 1994** : Etude de la croissance radiale des provenances du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie. Ann. Rech. For., T (27): 451-462.
83. **NEDJAH A, 1988** : La cédraie du Chréa (Atlas Blideen). Phénologie, productivité, régénération. Thè. Doc. 3ème cycle. Uni. NANCY I : 184 p.
84. **O.N.F, 2010**. Guide de gestion des forêts en crise sanitaire. Paris, 100 p.
85. **Pardé J., Bouchon J., 1988**. Dendrométrie. Nancy, France, ENGREF, 328 p.
86. **PEYERIMHOFF, P. 1941** : Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie. 1 Vol. Imp. Pape Baconnier Frères : 70 p., 1 carte.
87. **PONS A., 1964** : Contribution palynologique à l'étude de la flore et de la végétation pliocène de la région rhodanienne. Thèse Fac. Des SCI. De Montpellier, 548 p.
88. **PUTOD, R. 1979** : Le cèdre de l'Atlas en France. Bull. Vulg : 75 p
89. **QUEZEL, 1980** : Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualités d'Ecologie Forestière, compilées par Pesson, Bordas Ed ; Paris. 205-256.
90. **QUEZEL, P. 1976** : les forêts du pourtour méditerranéen In «Forêts et maquis méditerranéens» : Ecologie, conservation et aménagement. U.N.E.S.C.O, notes techniques du MAB, 2 : 9 - 33.
91. **REQUARDT A., KÖHL M., SCHUCK A., POKER J., JANSE G., MASVAR R., et PÄIVINEN R., 2007**. Feasibility study on means of combating forest dieback in the European Union. EC DG ENV Contract (070102110004/2006/449050/MAR/B1), Brussels, Belgium, pp. 79 + Annex I, II, III.
92. **Rhanem M., 2011**. Aridification du climat régional et remontée de la limite inférieure du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) aux confins de la plaine de Midelt (Maroc). Physio-Géo, 5: 143-165.
93. **RICE, R.M. and LEWIS, J., 1988** - Potential Streamflow Changes from Forest Decline Due to Air Pollution. Tagungspublikation, n° 1, pp 51-65.
94. **Riou-Nivert, P. (2005)**. Les résineux : Ecologie et pathologie. Forêt Privée Française. 447p.
95. **Ripert.C et Poisseau.B, 1994** : Ecologie et croissance du cèdre de l'Atlas en Provence.

- Ann.Sci.For.Maroc. Numéro spécial (27). Vol I : 155 – 172.
- 96. Rondeux J., 1999.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux, 520 p.
 - 97. ROUAULT, G., CANDAU, J.N., LIEUTIER, F., NAGELEISEN, L.M., MARTIN, J.C. and WARZÉE, N., 2006** - Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. Ann. For. Sci. n° 63 .pp.613–624.
 - 98. SABATIER, S. et BARTHELEMY, D. 1993 :** Premières observations sur l'architecture du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (ENDL.) MANETTIEX CARRIERE (PINCEAE). *Silva Mediterranea Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas*. Ifrane (Maroc) ; 7 --11 juin 1993 : 364 – 377 p.
 - 99. SEMAH et RENAULT-MISKOVSKY., 2004.** Evolution de la végétation de puis deux millions d'années. Edition errance. 225p.
 - 100.SFEA, 2008.** Que peut faire le forestier par rapport à ces changements ? Fiche n° 2.5.
 - 101.Stokes.M. A, et Smiley.T. L, 1968:** An introduction to tree-ring dating.
 - 102.STUESSY T.F. 2006.** Genetic diversity and population structure in natural populations of Moroccan Atlas cedar (*Cedrus atlantica*; Pinacea) determined with cpSSR markers. *American Journal of Botany* 93 (9). Pp: 1274-1280.
 - 103.TERRAB A., PAUN O., TALAVERA S., TREMETSBERGER K., ARISTA M., et**
 - 104. TERRAB A., PAUN O., TALAVERA S., TREMETSBERGER K., ARISTA M., et TOTH J., 2005.**Le cèdre de France - Etude approfondie de l'espèce. Ed. L'harmattan. Paris 207p.
 - 105.Thomas A. L., Gégout J. C., Landmann G., Dambrine C., King D., 2002.** Relation between ecological condition and fir decline in a standstone region of the Vosges montains (northeastern France). *Annales des Sciences Forestières*, 59 : 265-273.
 - 106.TOTH J., 2005.**Le cèdre de France - Etude approfondie de l'espèce. Ed. L'harmattan. Paris 207p.
 - 107.TOTH, J. 1970 :** Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. R.F.F. XXII. 3 : 355 – 364.
 - 108.TOTH, J. 1971 :** Le cèdre (*Cedrus atlantica*) en France. Bull. de vulgarisation forestière n° 4 : 5 -- 19.
 - 109.TOTH, J. 1973 a :** Contribution à l'étude de la dissémination des graines de cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) sur la face du Mont -- Ventoux (Vaucluse). Inst. Nat. de Rech. Agro. C.N.R.F. Doc n° 6. Avignon Dist. Lim: 1-- 28.
 - 110.TOTH, J. 1978 a :** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le Sud de la France. Thè. Doc. Ing. Fac. St.

Jérôme -- Marseille, France : 136 p.

- 111. TOTH, J. 1980 b** : Le cèdre II. La graine : Dissémination ; extraction, qualité, germination, conservation. La forêt privée. Rev. For. Europ. N° 131 : 78 --84.
- 112. TOTH, J. 1981** : Contribution à l'étude monographique du cèdre méditerranéen. INRA. Station d'Avignon : 25 p.
- 113. TOTH, J. 1982 -- 1984** : Quelques éléments nouveaux pour mieux situer et caractériser le cèdre de l'Himalaya en France vis-à-vis du cèdre de l'Atlas et du cèdre du Liban en France méridionale. INRA. Centre de recherche forestière d'Avignon. Bull. Soc et Sci. Nat. Vaucluse : 41- 49.
- 114. TOTH, J. 1990 a** : Le cèdre III. Intérêt paysager. Cédraie touristique. Forêt privée n° 195 : 8 p.
- 115. TOTH, J. 1990** : Le cèdre : utilisation et qualité technologique. La forêt prévue n° 194, pp: 57 – 60. Intérêt paysage : cédraies touristiques la prévue n° 195, pp : 50 – 57.
- 116. Zine El Abidine A., Lamhamdi M. S., Taoufik A., 2014.** Relations hydriques des arbres sains et dépérissants de *Cedrus atlantica* M. au Moyen Atlas Tabulaire au Maroc. *Geo-Eco-Trop*, 37 (2) : 157-176.
- 117. ZINE EL ABIDINE, A., 2003** – Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et Stratégie de lutte. *Sécheresse* (Paris), Vol.14, n° 4, pp. 209-218.

