



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la
Recherche Scientifique

Université Abbès Laghrour Khenchela Faculté
des Sciences de la Nature et de la vie
Département d'écologie et environnement



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Présenté par :

- ❖ Reghis Silia
- ❖ Bordji Hanen
- ❖ Sid Kaouther

THÈME

**Réponse adaptative du Pin d'Alep et Cèdre d'Atlas aux changements
Climatiques dans la forêt de khenchela (Nord Est Algérie)**

Devant le jury :

Président : Mme Mezhoud Amel

Université Abbès laghrour Khenchela

Examinatrice : Mme Berkani Cherifa

Université Abbès Laghrour khenchela

Encadreur : Mme Lakhdari Soumia

Université Abbès Laghrour khenchela

Année universitaire : 2021/2022



Remerciement

Nous remercions Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces années d'études.

A l'issue de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos meilleurs remerciements à

Mme LAKHDARI S. qui a accepté de diriger ce travail.

Nous remercions également

Mme MEZHOUD A. qui a eu la bienveillance d'accepter de juger ce travail et de présider le jury de soutenance.

Dr BERKANI C. pour sa contribution à examiner ce travail.

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.





Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à : Nos

très chers parents

Nos frères et sœurs

Toutes nos familles

Tous nos amis

Hanen, Silia et Khaouther



Réponse adaptative du Pin d'Alep et du Cèdre d'Atlas aux changements climatiques dans la forêt de kenchela (Nord Est Algérie)

Résumé

Ce travail est consacré à l'étude de l'adaptation du Pin d'Alep et du Cèdre d'Atlas aux changements climatiques dans le massif des Aurès dans le nord-est de l'Algérie. Où nous avons étudié nous avons étudié les facteurs climatiques (précipitations, température, vent et humidité) au cours des 20 dernières années et en comparant les études.

Selon les données et les résultats obtenus, le changement climatique est l'un des principaux facteurs et facteurs contributifs à l'impact sur le Pin d'Alep et Cèdre d'Atlas. Le Pin d'Alep a changé la longueur du Pin d'Alep, le taux de ramification, le taux de floraison des femelles (cônes), les cycles multiples, et la longueur de l'aiguille a considérablement diminué. Le climat affecte également le Cèdre d'Atlas au niveau des feuilles, des aiguilles et affecte également le torse et les branches.

Mots clés : Pin d'Alep , Cèdre d'Atlas , Changement Climatique , adaptative.

Adaptive response of Aleppo Pine and Atlas Cedars to climate change in the Khenchela forest (North East Algeria)

Abstract

This work is devoted to the study of the adaptation of Aleppo Pine and Atlas Cedar to climate change in the Aures massif in northeastern Algeria. Where we studied the climatic factors (precipitation, temperature, wind and humidity) over the past 20 years and comparing studies.

According to the data and results obtained, climate change is one of the main factors and contributing factors to the impact on the Aleppo pine and Cedar of Atlas. The Aleppo pine has changed the length of the Aleppo pine, the branching rate, the rate of flowering of the females (cones), multiple cycles, and the length of the needle has significantly decreased. The climate also affects the Atlas Cedar in terms of leaves, needles and also affects the torso and branches.

Key words : Aleppo Pine , Atlantic Cedar, Climate Change , Adaptive .

استجابة تكيفية لصنوبر الحلبي والأرز الأطلسي لتغير المناخ في غابة خنشلة (شمال شرق الجزائر)

هذا العمل مكرس لدراسة تكيف الصنوبر الحلبي والأرز الأطلسي مع تغير المناخ في سلسلة جبال الأوراس في شمال شرق الجزائر. حيث درسنا العوامل المناخية (هطول الأمطار ودرجة الحرارة والرياح والرطوبة) على مدى العشرين سنة الماضية ومقارنة الدراسات.

وفقاً للبيانات والنتائج التي تم الحصول عليها ، يعد تغير المناخ أحد العوامل الرئيسية والعوامل المساهمة في التأثير على الصنوبر الحلبي والأرز الأطلسي . غيّر الصنوبر الحلبي في طول الصنوبر في حلب ، ومعدل التفرّع ، ومعدل التزهير عند الإناث (المخاريط) ، والدورات المتعددة ، وانخفض طول الإبرة بشكل ملحوظ. يؤثر المناخ أيضاً على أرز الأطلس على مستوى الأوراق والإبر ويؤثر أيضاً على الجذع والأغصان.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الحلبي ، الأرز الأطلسي ، التغيرات المناخية ، تكيف.

Liste des Abréviation

°C	Dégré Celsius
ETP	Evapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).
ETR	Evapotranspiration réelle en mm,
F	Facteur correctif intégrant la durée d'insolation et la température.
H%	Humidité
I	Indice thermique mensuel.
I	La somme des indices mensuels de l'année.
L	Pouvoir évaporant, une limite vers laquelle tend l'ETR .
M	Moyenne des maxima du mois le plus chaud
m	Moyenne des minima du mois le plus froid
mm	Millimètre
m/s	Millimètres / secondes
P	Précipitation moyenne annuelle en mm,
T	Température moyenne mensuelle en (°C).
V	Vitesses

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Aire de répartition du pin d'Alep dans la région méditerranéenne	5
Figure 02	Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie	6
Figure 03	Arbre du Cèdre de l'Atlas	10
Figure 04	Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie	11
Figure 05	Localisation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès.	12
Figure 06	Carte de situation de la zone d'étude	19
Figure 07	Réseau hydrographique dans l'Aurès oriental	20
Figure 08	Carte géologique des Aurès	24
Figure 09	Limites de l'Aurès d'après Mitard (1941).	25
Figure 10	Carte orographique de l'Aurès	27
Figure 11	Diagramme de température de la période 2002 – 2011.	30
Figure 12	Diagramme de température de la période 2012-2021.	31
Figure 13	Diagramme de précipitation moyenne mensuelle de la période(2002-2011).	32
Figure 14	Diagramme de précipitation de la période 2012-2021	32
Figure 15	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité (%) de la période (2002-2011).	34
Figure 16	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité (%) de la période (2012-2021).	35
Figure 17	Diagramme Ombrothermique (2002-2011).	36
Figure 18	Diagramme Ombrothermique (2012-2021).	37
Figure 19	Diagramme d'exploitation du bois (2010-2021).	50

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde.	5
Tableau 2	Association du Pin d'Alep.	7
Tableau 3	Les facteurs de dégradation du cèdre.	15
Tableau 4	Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma	29
Tableau 5	La température moyenne mensuelle de la période (2002 -2011).	30
Tableau 6	La température moyenne mensuelle de période (2012_2021).	30
Tableau 7	Précipitation moyenne mensuelle de la période (2002-2011).	31
Tableau 8	Précipitation moyenne mensuelle de la période (2012-2021).	32
Tableau 9	Variation des vitesses des vents mensuelles de la période (2002-2011)	33
Tableau 10	Variation des vitesses des vents mensuelles de la période (2012-2021).	33
Tableau 11	Variation d'humidité moyenne mensuelle de la période (2002-2011)	33
Tableau 12	Variation d'humidité moyenne mensuelle de la période (2012-2021).	34
Tableau 13	Evaluation du quotient pluviométrique Q2 pour la région de Khenchela pendant les périodes (2002-2011) et (2012-2021).	38
Tableau 14	Evapotranspiration potentielle (ETP) 2002-2011.	39
Tableau 15	Evapotranspiration potentielle (ETP) 2012-2021.	39
Tableau 16	L'ETR selon la formule de Ture 2002-2011.	40
Tableau 17	L'ETR selon la formule de Ture 2012-2021	40
Tableau 18	ETR selon la Thornthwaite.	41
Tableau 19	Etat d'exploitation du bois 2010-2021.	42

Table des matières

Remerciements	
Résumé	a
Abstract	b
ملخص	c
Liste des bréviations	d
Liste des figures	e
Liste des tableaux	f
Table des matières	g
Introduction	01
Chapitre I : Caractérisation du Pin d'Alep et du Cèdre de l'Atlas	
A/ Le Pin d'Alep	03
1. Systématique	04
2. Chorologie du Pin d'Alep	04
2.1. Dans le monde	04
2.2. En Algérie	05
3. Caractéristique botanique et dendrologique du Pin d'Alep	06
3.1. Ecologie du Pin d'Alep	06
3.2. Association du Pin d'Alep	07
3.3. Les ennemis du Pin d'Alep	07
3.3.1. Les incendies	07
3.3.2. Les maladies et les agents	08
4. Régénération chez le Pin d'Alep	08
5. Usage du pin d'Alep	09
B/ Le Cèdre de l'Atlas	09
1. Systématique	09
2. Caractères botaniques	10
2.1. Répartition naturelle du cèdre de l'Atlas	10
2.2. Aire de répartition	11
3. Caractères écologiques	12
3.1. L'altitude	12
3.2. Le climat	13
3.3. Les facteurs édaphiques	13
3.4. L'exposition	14
4. Pathologies et ennemis du cèdre	14
4.1. Facteurs de dégradation	14
5. Le dépérissement du cèdre	15
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
1. Localisation géographique	18
1.1. Hydrologie	19
2. Les grands traits de la paléogéographie de l'Aurès	20
2.1. Sol	20
2.2. Sol brun calcaire	21
2.3. Les rendzines	21
2.4. Les sols bruns peu calcaires	21
3. Géologie	22
3.1. Trias	22
3.2. Jurassique	22
3.3. Crétacé	22
3.3.1. Crétacé inférieur	22

3.3.2. Le crétacé supérieur	24
4. Situation administrative	25
5. Géographie et limites de l'Aurès	25
Chapitre III : Etude climatique	
1. Station d'El Hamma	29
2. Les factures climatiques	29
2.1. La Température	29
2.2. Précipitation	31
2.3. Le vent	33
2.4. L'humidité	33
2.5. Evaporation	35
3. Synthèse climatique	35
3.1. Indice Ombrothermiques de GAUSSEN et BAGNOULS	36
3.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger	37
4. Le bilan hydrique	38
4.1. Evapotranspiration	38
4.1.1. Potentiel d'évapotranspiration (ETP)	39
4.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR)	40
4.1.3. Réserve facilement utilisable (RFU)	41
4.1.3. Interprétation du bilan hydrique	42
Chapitre IV : Résultats et discussions	
1. Présentation du secteur des forêts	44
2. Répartition de la superficie forestière par espèce	44
3. Définition des changements climatiques	44
4. L'influence du facteur du milieu sur le Cèdre d'Atlas	45
4.1. Dépérissement	45
4.2. Symptômes et caractéristiques de dépérissement	45
4.3. Comparaison	46
5. L'influence des facteurs du milieu de Pin d'Alep	49
6. La possibilité annuelle de la production	50
Conclusions générales	52
Références bibliographiques	54



Introduction Générale

Introduction générale

En 1980, Dajoz définit une forêt comme un écosystème dans lequel les arbres dominent pour modifier les conditions écologiques prévalant dans le sol. Les résultats des recherches à l'échelle du globe montrent que la région méditerranéenne ; qui est déjà soumise à de fortes contraintes climatiques pendant l'été surtout où le manque d'eau et les fortes températures vont de pair serait particulièrement touchée par les perturbations liées aux changements climatiques.

Ces changements provoqueraient une évolution dans les aires de répartition et la productivité des arbres forestiers, ainsi que le fonctionnement des écosystèmes. Par conséquent, les modifications concernant les aires de distribution potentielle et réelle des espèces forestières seront considérables (Demarteau et al., 2007).

Du fait de leur appartenance géographique à la rive sud de la méditerranée, les écosystèmes forestiers algériens ne font pas l'exception et sont particulièrement sensibles aux changements climatiques récents.

Surtout que les conclusions des projections climatiques régionales pour l'Afrique méditerranéenne prévoient un réchauffement au cours du 21^e siècle, avec une hausse des températures et une diminution des précipitations (Christensen et al. 2007).

De son côté Terink et al., (2013) a estimé la diminution pluviométrique en Algérie de 5 à 15 % à l'horizon du 2050. A l'instar de tous les pays méditerranéens, et malgré les contraintes naturelles et anthropiques qui les caractérisent, l'Algérie recèle des formations forestières très diversifiées, localisées principalement dans le nord du pays, et dominées principalement par le Pin d'Alep et le Cèdres d'Atlas qui constituent un capital forestiers majeurs.(Boudy, 1952 ; Pardé, 1957 ; Nahal, 1962 ; Mezali, 2003 ; Daoui et al., 2007).

D'après le GIEC (2014), il est très probable que la fréquence et la durée des vagues de chaleur augmenteront et que les précipitations extrêmes vont devenir plus intenses et plus fréquentes dans de nombreuses régions.

Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), est l'espèce noble par excellence des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc (Boudy, 1950). Il est endémique aux deux pays où il occupe une aire géographique très morcelée (Derridj, 1990 ; M'hirit, 1994 ; Yahi, 2007). En général, les cédraies se trouvent dans un état de dégradation plus ou moins avancé (Benabid, 1994 ; Yahi, 2007). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) couvre une superficie de 850.000 ha et s'étend essentiellement dans la partie septentrionale du pays (KADIK, 1987 ; in BOBBOU, 2016). C'est l'essence la plus largement utilisée dans les reboisements pour la protection des sols. Elle résiste

à la sécheresse et peu tolérante aux autres facteurs à savoir les sols peu fertiles, climat aride (Bobbou, 2016).

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'impact du changement climatique en sélectionnant le massif des Aurès comme zone d'étude dans ce pays. Nous allons nous intéresser à deux types d'arbres : les Pins d'Alep et les Cèdres de L'Atlas. L'étude est basée sur l'analyse de séries chronologiques des précipitations et de la Température.

- La première partie repose sur une « synthèse bibliographique » qui vise à définir et Caractériser le Pin d'Alep et Cèdre d'Atlas d'une façon générale.
- La deuxième partie, « Présentation de la zone d'étude (Aurès) », décrit la zone d'étude située dans le massif des Aurès en donnant un aperçu sur la situation géographique, la faune et la flore ainsi que La climatologie.
- La troisième partie, « Étude Climatique » s'attache aux résultats obtenus et leur traitement statistique tout en comparant avec les résultats obtenus dans la période des 20 ans.
- La quatrième partie « Discussion » Nous Comparons entre deux thèses étudiées le dépérissement de Cèdre d'Atlas, et étudié l'influence des changements climatique sur le Pin d'Alep.



CHAPITRE 1



Caractérisation du Pin d'Alep et du Cèdre de l'Atlas



Introduction

Le pin d'Alep est l'un des arbres les plus prisés de l'Afrique du Nord en raison de son tempérament très robuste, prétendant être une banque semblable à un chêne vert pour les amoureux de la forêt à former et à entretenir (Boudy, 1952). C'est l'espèce d'arbre la plus représentative en Algérie, avec le chêne vert et le chêne liège, il est très malléable et se développe dans les sites les plus divers du littoral aux confins du Sahara, cette jaquette est répartie du nord au sud, d'est en Ouest, lui conférant une énorme variabilité écologique et une diversité dans la composition végétale des peuplements (Boudy, 1950).

A/ Pin d'Alep

1. Systématique

Selon (Nahal, 1962 in Athmani et Masmoudi, 2008) Le Pin d'Alep " *Pinus halepensis* Mill "est l'essence caractéristique de l'étage bioclimatique méditerranéen semi-aride, il appartient à

:

*Embranchement : Phanérogames.

*Sous embranchement : Gymnospermes.

- * Classe : Conifères.
- * Ordre : Coniférolespinoidines.
- * Sous ordre : Abiétales.
- * Famille : Pinacées.
- * Genre : *Pinus* .
- * Sous genre : *Eupinus*.
- * Espèce : *Pinus halepensis*.
- * Nom scientifique : *Pinus halepensis*.
- * Nom commun: pin d'Alep.
- * Nom arabe: Sanaoubar al-halabi.

2. Chorologie du Pin d'Alep

2.1 Dans le monde

Les peuplements du Pin d'Alep atteignent environ 3 ,5 millions d'hectares, l'aire est limitée au bassin Méditerranée (Quezel, 1986). Cette espèce est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et développement (PARDE, 1957 in Quezel et al, 1992) (Tableau 01).

Tableau 1 : Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde.

Pays	Superficie (ha)	Sources
Algérie	800000	(Mezal , 2003)
Maroc	65000	(Bakhiyi, 2000 in Bentoutati, 2006)
Tunisie	170000 à 370000	(Chakroun,1986)
France	202000	(Couhert et Duplat, 1993)
Espagne	1046978	(Montero, 2000 in Bentouati, 2006)
Italie	20000	(Seigue,1985)



Figure 1 : Aire de répartition de pin d'Alep dans la région méditerranéenne (Quezel, 1986 in Bouceddi, 2016).

1.2 En Algérie

D'après Zenzen (2016), le pin d'Alep est fréquent surtout sur les massifs du tell littoral et l'Atlas saharien, Il s'étend à lui seul sur près de 850.000 ha, il occupe 37% de la surface effectivementboisée de l'Algérie (Figure 2).

Selon Boudy (1955), Le pin d'Alep présente de vastes peuplements en oranais (Sidi-Bel-Abbès, Saïda, Tlemcen, Tiaret) dans l'Algérois (média, Boghar, Monts des Bibans) sur l'Atlas saharien(mont de Ouled Nail) et dans le sud Constantinois (Aurès, région de Tébessa).

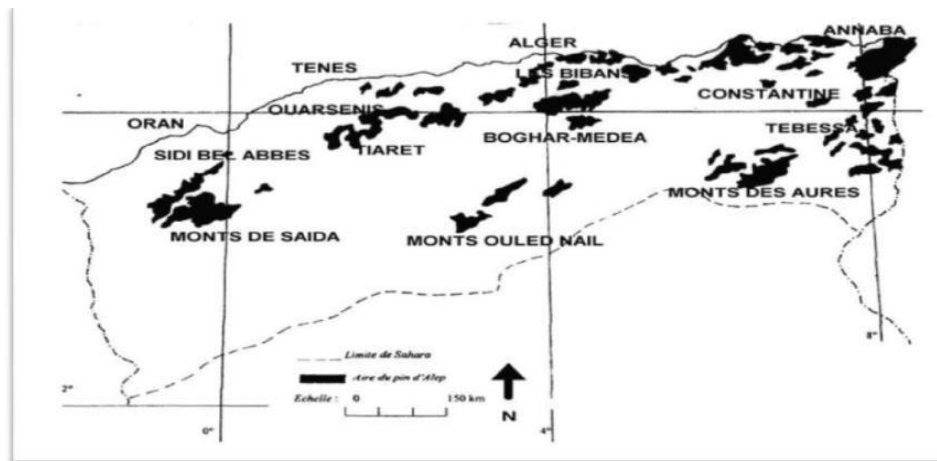


Figure 2 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006 in Mezerai, 2014).

3. Caractéristique botanique et dendrologique du Pin d'Alep

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce d'arbre très caractéristique qui existe dans les états spontanés se trouvent presque partout dans le Nord de l'Algérie et peuvent atteindre des hauteurs allant jusqu'à 30 m. Elle la durée de vie est estimée à 150 à 120 ans (Kadik, 1987). Ces les feuilles ont des propriétés xérophiles, elles sont en forme d'aiguilles. L'écorce est gris argenté, les jeunes arbres sont lisses, puis brun rougeâtre foncé, les arbres plus âgés ont des écailles fines et large (Najar, 1962). Le pin d'Alep est un arbre polycyclique qui peut germe annuellement et produit de faux anneaux (Serre, 1973).

3.1 Ecologie du Pin d'Alep

D'après (Nahal, 1962), Le pin d'Alep est une espèce méditerranéenne avec la plus large distribution écologique). On le trouve à une altitude de 0-600 m au nord de la Méditerranée et de 0-1400 m au sud de la Méditerranée (niveaux thermique et moyen méditerranéen). Il peut atteindre des altitudes plus élevées, comme le plus haut Atlas du Maroc à 2 600 m.

A une pluviométrie annuelle de 350-700 mm et une température minimale absolue comprise entre -2 et +10°C (bioclimat humide semi-aride et subi-basse température) le pin d'Alep est une espèce photogénique (héliotrope) qui supporte une forte luminosité et une sécheresse prolongée (espèce de sécheresse thermophile), mais ne supporte pas des conditions de gel sévères et des températures inférieures à -5°C pendant plusieurs jours. Le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, le schiste ou les éclats de mica ; en revanche, on ne le trouve pas sur le granit ou le gneiss. En effet, le pin d'Alep semble indifférent à la nature de la roche mère (calcaire ou acide), mais semble s'installer préférentiellement sur des substrats meubles ou cassants, avec une réserve effective minimale de 50 mm d'eau/m (Loisel, 1976).

3.2 Association du Pin d'Alep

En Algérie, Kadik en 1984 a décrit une association de Pin d'Alep d'un caractère xérophile et thermophile. Cette association est formée par les espèces suivantes (Tableau 2) :

Tableau 2 : Association du Pin d'Alep.

Pin D'Alep (<i>Pinus halepensis</i>)	Bruyère (<i>Erica arborea</i> L)
Chêne Vert (<i>Quercus illex</i>)	Lavande (<i>Lavandula stoechus</i> L)
Thuya (<i>Thuya orientalis</i>)	Lentisque (<i>Pistacia lentiscus</i> L)
Pistachier (<i>Pistacia terebenthus</i> . L)	Palmier nain (<i>Chamaerops humilis</i> L)
Alfa (<i>Stipa tenacissima</i> L)	Olivier (<i>Olea europea</i> L)
Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Genet (<i>Genista quadriflora</i> Mumby)
Genevrier de Phénicie (<i>Juniperu phoenicea</i> .L)	Thuya de Berberie (<i>Teraclimis articulata</i>)
Ciste à feuilles sauge (<i>Cistus salvifolius</i> .L)	Osyris à feuilles Lacéolées (<i>Osyris lancedata</i>)
Chêne Kermés (<i>Quercus cococifera</i>)	Philaia (<i>Phillyres angustifolia</i> .L)

3.3 Les ennemis du Pin d'Alep

3.3.1 Les incendies

L'ennemi juré des forêts de pins d'Alep est le feu, car la nature imprégnée de résine du bois et la propulsion des cônes à longue portée favorisent la propagation du feu (Boudy, 1952). Selon la gestion générale des forêts en 2000, près de 18 000 hectares de terres dans le pays ont été touchés par des incendies de forêt (Abdennebi, 2006).

3.3.2 Les maladies et les agents

➤ **Les champignons**

Les pins d'Alep sont sensibles à de nombreuses maladies causées par certains champignons pathogènes, causant parfois des dégâts importants aux peuplements sensibles (Athmani et Masmoudi, 2008). - *Trametes pini*, provoquant une grave détérioration du bois. - *Polyporus*, provoquant la destruction du tronc, production de bois altéré et inutilisable, appelé : soboune.

➤ **Parasites**

Les pins d'Alep sont infestés par certains parasites, tels que : *Crumenulopsis sororia* : parasites des branches qui provoquent de petits chancres brun foncé (Athmani et Masmoudi, 2008).

➤ **Les insectes**

Les Insectes: Les pins d'Alep sont les hôtes préférés de nombreuses espèces d'insectes. Dégâts très sérieux à tout dans les jeunes peuplements. Parmi ces insectes : la chenille marcheuse du pin, le scolyte, le dendroctone du pin. (Athmani et Masmoudi ,2008).

4. Régénération chez le Pin d'Alep

D'après (Acherar et al, 1984) la colonisation par le Pin d'Alep est limitée par la distance assez faible de dissémination des graines : seulement 3 % des graines tombent à plus de 24 m du semencier.

Les graines germent rapidement et en masse, à la lumière, pendant la saison humide. La mortalité est forte chez les jeunes semis, notamment au cours des deux premières années, mais la grande production de semences et leur taux de germination élevé permettent de compenser ces pertes (Nahal, 1962 ; Acherar et al, 1984). Les semis ont besoin de lumière, mais un léger couvert leur est plutôt favorable (Acherar et al, 1984). Ils sont capables de s'installer sur la plupart des types de sol, mais un recouvrement important des herbacées leur est très défavorable. (Trabaud 1976 ; in Quezel et Medail ,2003), rapporte que la régénération sous pinèdes, même dense, ne pose aucun problème car l'éclaircissement reste suffisant. Ce point de vue n'est pas partagé par (Acherar,1981) qui affirme que le Pin d'Alep ne se régénère que difficilement sous son propre couvert où il est le plus souvent remplacé par *Quercus ilex pubescens*.

Le Pin d'Alep possède une banque de graines aériennes constituée par certains cônes sérotineux qui ne s'ouvrent que lorsqu'ils sont soumis à de très fortes températures (Acherar, 1981). Le feu provoque l'éclatement de ces cônes et favorise la dispersion des graines grâce au déplacement turbulent de masses d'air chaud qui peuvent transporter les graines sur des distances importantes. Les graines de pin d'Alep peuvent supporter des températures comprises entre 130 et 150 °C (Acherar, 1981). Le Pin d'Alep n'atteint pourtant sa pleine maturité que vers 20 ans, et ses graines sont, de surcroît, assez peu mobiles. Si, sur une zone donnée, la fréquence des incendies devient supérieure à 20 ans, le Pin d'Alep ne sera pas capable ni de s'entretenir, ni de recoloniser et en sera donc exclu (Quezel et Medail, 2003).

5. Usage du pin d'Alep

Dans la formation du pin d'Alep, de nombreux produits ont traditionnellement fait l'objet de récoltes régulières et massives, notamment la résine et le bois.

La récolte des pins d'Alep est considérée comme plus bénéfique et nécessite moins de travail que la récolte des pins maritimes .Le rendement dépend des conditions d'exposition d'isolation et des propriétés du sol (Bedel, 1986).

Le Pin d'Alep a été exploité par intermittence en Algérie, notamment pendant la guerre de1939-1945(Boudy ,1952).

B / Cèdre de l'Atlas

Introduction

Cedrus Atlantica, arz el Atlas en arabe ou berbère, est l'une des espèces d'arbres les plus importantes économiquement et écologiquement des montagnes de la méditerranée (Demarteau 2006). Il présente de nombreux avantages : faible inflammabilité, croissance rapide des larves, résistance aux stress climatiques (Hocine et al, 1994).

1. systématique

La classification la plus généralement admise par les botanistes forestiers et suivante (Toth, 2005) :

- Règne: plantae.
 - Embranchement : Spermophyla.
 - Sous-Embranchement : Gymnospermes.
 - Classe : vectrices.
 - Ordre : coniférales.
 - Famille : Pinacées.
 - Genre : *Cedrus* (M'hritt 2006).
- Espèce : *Cedrus Atlantica Manetti* (M'hritt 2006) (Figure 3).



Figure 3: Arbre de Cèdre de l'Atlas (M'hritt 2006).

2. caractères botaniques

Le cèdre de l'Atlas est un grand arbre pouvant atteindre 40 m de haut, en forme de pyramide lorsqu'il est jeune et en forme de plaque lorsqu'il est vieux. Feuilles aciculaires, persistantes et dures (Debazac, 1964 ; Gausson, 1964 ; Toth, 2005) Un système racinaire bien développé assure la stabilité de l'arbre et un bon apport hydrique en cas de manque d'eau (Decrey, 1994).

Le cèdre de l'Atlas est une espèce d'arbre monoïque dont les inflorescences sont portées par de courtes branches. Il commence à porter ses fruits à 30 ans, mais à certains points de vue, les résultats se produisent à 18 ans (Derridj, 1990, Toth, 2005). Le cycle de reproduction de *Cedrus atlantica* Manetti se situe entre le cycle de deux ans (que l'on trouve le plus souvent chez les conifères et les feuillus) et le cycle de trois ans de la plupart des espèces de pinus (Derridj, 1990; Toth, 2005). Sa longévité est remarquable (700-800 ans), et plusieurs auteurs ont noté qu'il n'est pas rare de rencontrer des objets millénaires atteignant des circonférences de 12 à 15 m (Boudy, 1950 ; Chbouki, 1994). Taxonomiquement, l'espèce appartient au phylum Seed Plants, au phylum Gymnosperms, au phylum Carrier, à l'ordre Conifers et aux Pinaceae (Quézelet Santa, 1962).

2.1 Répartition naturelle du cèdre de l'Atlas

L'aire de répartition naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) est limitée aux montagnes d'Algérie et du Maroc (Figure 4). En Algérie, les surfaces recouvertes de cèdre sont très limitées et incohérentes. Les données sont très diverses et les lacunes sont principalement liées à l'insuffisance des inventaires forestiers. Le dernier aménagement forestier remonte à 1984 et n'a pas été mis à jour. Selon Quézel (1998), la superficie des cèdres ne dépasse guère 30 000 hectares. Les mêmes auteurs estiment que cette superficie a encore diminué, ne représentant actuellement que 20 000 hectares. Dans les Aurès, les cèdres représentent moins de 10 % de la surface boisée. C'est l'essence caractéristique du niveau de la montagne. Les parcelles concernées sont Chelia (8000 ha), la parcelle Ouled Yakoub (3327 ha) (Bnef, 1984) et dans une moindre mesure S'gag (500 ha).

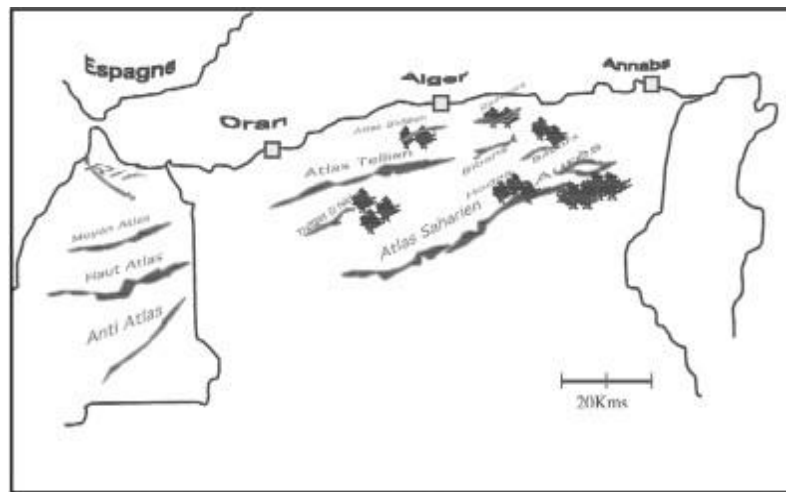


Figure 4 : Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie (Bnef, 1984).

A Belezma, les cèdres couvrent 5 000 hectares (Bentouati et Oudjehih, 1999). Il y a aussi les restes d'un cèdre ancien qui prolonge le massif de Belezma au sud-ouest, constituant la forêt de cèdres de Refaa. A noter également que le djebel Lazreg (Figure 5), à la pointe méridionale des Aurès (200 hectares), possède une forêt de cèdres entièrement posée sur des marnes. Signalons enfin l'existence de deux petites cédraies isolées et quelque peu marginalisées : Ichmoul (150 hectares) au sud de Chelia et Jebel Guetiane (300 hectares) qui prolongent les monts Hodna jusqu'à la bordure ouest des Aurès. Cette fragmentation peut être due à la présence de conditions écologiques favorables, notamment une humidité élevée et des précipitations annuelles assez élevées, caractéristiques des sites où les cèdres sont présents.

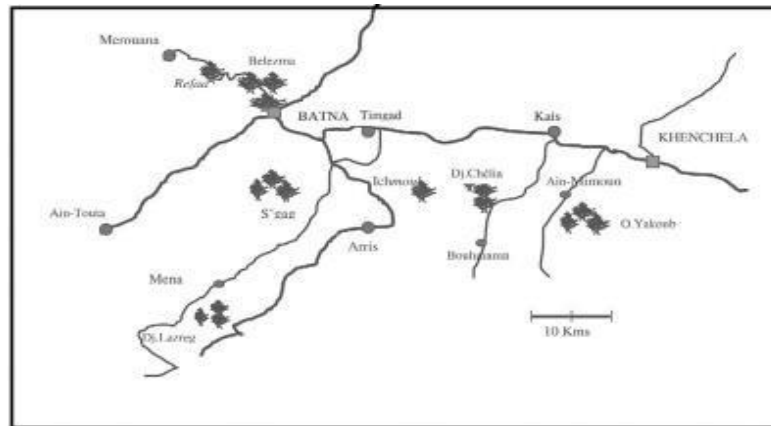


Figure 5 : Localisation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Bentouati et Oudjehih, 1999).

2.2 Aire de répartition

En plus de ses espaces naturels, le cèdre de l'Atlas a été introduit dans plusieurs régions du monde, notamment les pays du pourtour méditerranéen (Toth, 2005). En France, le cèdre a été introduit en 1862 comme forme de reboisement, notamment en région méditerranéenne. Il couvre actuellement près de 20 000 hectares et se trouve dans un excellent état de conservation et de renouvellement (Toth, 2005 et Grozev, 1994). En Tunisie, l'introduction de cette espèce remonte à une période assez récente (début des années 1960). Les résultats préliminaires de la domestication ont montré une adaptation satisfaisante et une croissance appropriée (Dahmane et Khodja, 1994).

3. Caractères écologiques

Le cèdre de l'Atlas est une essence essentiellement montagnarde (M'hirit, 1994 ; Quézel, 2000). Sa répartition semble être liée aux plusieurs facteurs écologiques qui sont : le climat, l'altitude, l'exposition et les conditions édaphiques, mais aussi l'action de l'homme (Faurel et Laffitte, 1947 ; Boudy, 1950 ; Derridj, 1990 ; M'hirit, 1994 ; Yahi et Mediouni, 1997).

3.1 L'altitude

Dans tout l'espace naturel, des forêts de cèdres sont visibles entre 1500 et 2600 mètres d'altitude (Benabid, 1994). Cependant, on peut les trouver en dessous de cette hauteur, par exemple dans l'Atlas Méridjien, où les cèdres commencent à apparaître à partir de 1000 m d'altitude (Meddour, 1994). A Theniet El Had, une forêt de cèdres isolée a été observée à 1200 m (Sari, 1977). En Algérie, sa limite supérieure se situe vers 2200 mètres dans les Aurès (Abdessemed, 1981). En France, le cèdre peut être descendu jusqu'à 680m aux Monts Ventoux (Toth, 2005), alors qu'en Provence on le trouve en dessous de 400m d'altitude. Cependant, les

altitudes autour de 700 m offrent les meilleures conditions d'acclimatation pour cette espèce (Ripert et Boisseau, 1994).

3.2 Le climat

La relation entre le cèdre et le climat a fait l'objet de plusieurs synthèses (Boudy, 1950 ; Derridj, 1990 ; M'hirit, 1994 ; Yahi, 1995). En l'absence de stations météorologiques suffisantes pour couvrir l'ensemble des cédraies, il est difficile de définir précisément l'autoécologie de cette espèce en termes de conditions climatiques (Quézel, 2000). Les cèdres de l'Atlas reçoivent généralement plus de 500 mm de pluie chaque année. (Derridj, 1990; Bernabide, 1994). En Algérie, les précipitations annuelles varient de 600 à 1200 mm sur l'ensemble de la cèdre (Derridj, 1990). Quant à la température, le cèdre supporte des températures minimales inférieures à 24°C et des températures maximales jusqu'à 40°C (Derridj, 1990 ; M'hirit, 1994 ; Yahi, 1995).

Il se développe principalement dans les variantes froides des climats subhumides, humides et superhumides. Son optimum bioclimatique correspond au niveau des montagnes ultra-méditerranéennes et méditerranéennes entre 1600 m et 2000 m (Meddour, 1994 ; M'hirit, 1994 ; Yahi, 1995). Dans la phase méridionale, le cèdre supporte un bioclimat semi-aride (Abdessemed, 1981).

3.3 Les facteurs édaphiques

Les cèdres sont répartis sur différents substrats. En Algérie, la gamme de terres supportant le cèdre varie entre le grès (Theniet El Had), le quartzite (Boutaleb et Belezma), le schiste (Chrèa) et le calcaire (Djurjura et Babors). Boudy (1950) rapporte que neuf cèdres sur dix en Algérie reposent sur des formations siliceuses et, dans une moindre mesure, sur des calcaires du Crétacé. Au Maroc, le cèdre est localisé sur des formations siliceuses et, dans une moindre mesure, calcaires. Dans ce dernier cas, le cèdre est épais, solide et ne dépasse pas 12m de hauteur (Benabid, 2000).

Il semble être indifférent à la composition chimique du sol et le cèdre réagit différemment à sa structure physique. En effet, les cèdres préfèrent les sols meubles ou caillouteux, et les semis peuvent rapidement développer leur système racinaire pour mieux résister à la sécheresse estivale (Faurel et Laffitte, 1947 ; Boudy, 1950).

3.2 L'exposition

Si les cédraies sont cantonnées aux hautes altitudes, l'exposition semble également jouer un rôle important pour les cèdres (Faurel et Laffitte, 1947). En Algérie, comme au Maroc, de belles

forêts de cèdres avec une meilleure productivité et croissance et une bonne régénération sont situées sur les versants nord et ouest et devraient être plus arrosées et humides (Ezzahiri et al., 1994 ; Halitime, 2006).

4. Pathologies et ennemis du cèdre

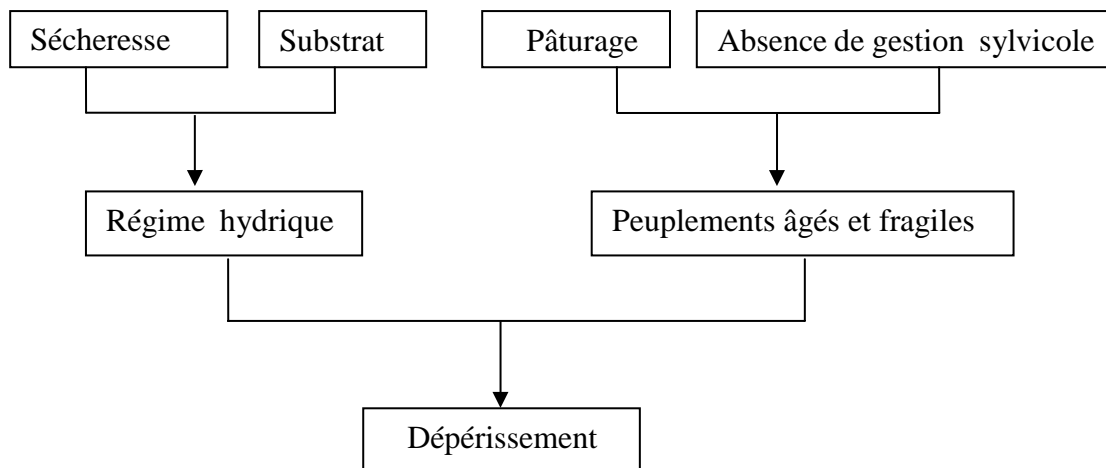
Comme tous les arbres forestiers, les cèdres sont sensibles aux attaques d'insectes et de champignons (Boudy, 1950; Graf et Mzibri, 1994). L'attaque fongique, en particulier *Trametes* ou *Inonotus pini*, est terrifiante et détermine la formation d'un bois de mauvaise qualité appelé mjeje. Les insectes qui attaquent le cèdre sont : les Buprestides, les Siricides et les Bostryches qui perforent l'aubier. Les lépidoptères comprennent le pin (*Thaumtopoea pityocampa*), qui provoque une défoliation et une productivité réduite.

4.1.Facteurs de dégradation

Cette dégradation plus ou moins accélérée des peuplements et l'éclaircissement progressif des strates arborescentes font évoluer la cédraie vers une structure de végétation de type pré forestier et matorralisation (Quézel,1998) Elles sont liées à la fois aux aléas climatiques (sécheresse, stress hydrique, influences sahariennes), à l'action humaine par le biais du surpâturage, de l'exploitation non contrôlée, des coupes illicites et enfin à la nature de certains types de substrats, comme les marnes, qui paraissent très nettement défavorables à la reprise des arbres. . Le volume du sol prospecté par les racines est donc faible, ce qui rend les arbres plus sensibles à la sécheresse (Bentouati et Bariteau, 2006). Les aménagements proposés n'ont pratiquement pas été appliqués, ce qui a engendré une structure composée de vieux peuplements de faibles densités, dégradés et mal venants.

Le pacage, le broutage sont aussi des facteurs susceptibles d'entraver la survie des jeunes plantules et rendre la régénération naturelle très faible ou même nulle. En effet, une étude récente (Moukouri, 2006) a montré que le déficit hydrique est un facteur limitant, non seulement de la croissance du cèdre, mais aussi de la survie des jeunes plantules. La régénération est aussi possible dans les dépressions fermées où les conditions sont plus clémentes.

Tableau 3 : Les facteurs de dégradation du cèdre



5. Le dépérissement du cèdre

Un dépérissement inquiétant du cèdre de l'Atlas s'est développé depuis quelques années au niveau des cédraies des Aurès, à des degrés de gravité variables.

Les premières observations de ce dépérissement remontent à 1982. Dans ce massif soumis continuellement aux influences sahariennes, les données sont inquiétantes. Le dépérissement est très important dans les peuplements de cèdre en mélange avec le chêne vert et situés sur marnes. Dans le massif du Chélia le dépérissement est beaucoup plus diffus et concerne des arbres isolés.

A Ouled Yakoub, le dépérissement est accentué surtout dans les zones sud soumises aux influences sahariennes.

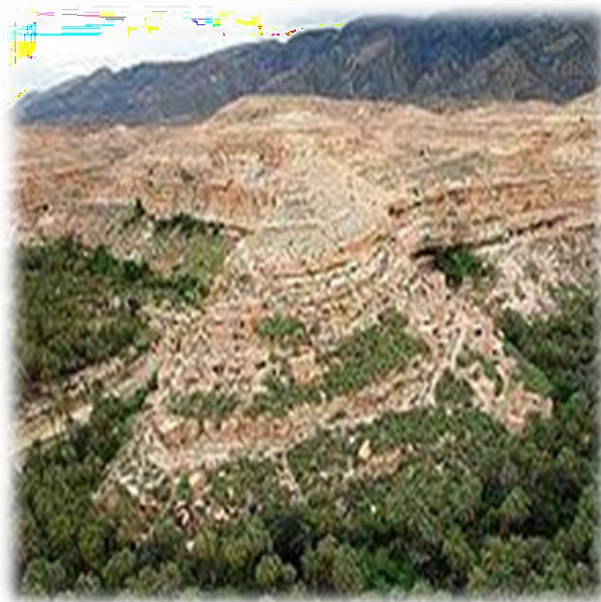
Cette sécheresse coïncide avec la période de végétation active du cèdre de l'Atlas et a des conséquences directes sur les propriétés et sur le régime hydrique des sols. Ces facteurs du climat risquent de mettre en difficulté le cèdre de l'Atlas, d'autant plus qu'avec un bilan hydrique stationnel défavorable (la réserve en eau du sol < 40 % RU), le sol est sec entre mai et novembre, accentuant ainsi le déficit hydrique (Moukouri, 2006). Des études engagées pour tenter d'expliquer le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le massif de Ouled Yakoub et du Chélia ont permis de mettre en évidence l'effet du déficit hydrique sur la croissance du cèdre. Cependant, il y a lieu de signaler que si la sécheresse constitue le facteur déclanchant de ce fléau, l'âge avancé des arbres les prédispose aussi au dépérissement, c'est le cas de la cédraie de Ouled Yakoub (Moukouri, 2006).

Conclusion

L'étude de ces espèces nous permet de dire que le pin d'Alep et le Cèdre d'Atlas sont des espèces qui appartiennent que bassin méditerranéen. Leurs meilleures croissances Avec des précipitations annuelles, ils sont indifférents à la nature du sol.

CHAPITRE 2

Présentation de la zone d'étude (Aurès)



Introduction

On donne le nom général de massif de l'AURES au vaste pàté montagneux qui s'étend à l'Est de la dépression dans laquelle coule l'Oued Kantara, dépression que suivent aussi la route nationale et le chemin de fer de Batna à Biskra. La signification du mot Aurès ou Aoures comme le prononcent les autochtones n'a pu encore être déterminé ; c'est probablement un nom d'origine berbère, qu'on retrouve donné à d'autres montagnes, notamment au djebel Aoures près de Khenchela. Certains auteurs ont voulu faire dériver ce nom du mot hébreu "ARZOU" (cèdre), et les immenses forêts de cèdres qui ont recouvert autrefois et recouvrent encore une partie du massif prêteraient quelques vraisemblances à cette étymologie (Delartigue, 1904 ; Ballais, 1981).

1. Localisation géographique

En Algérie, l'Aurès correspond à la partie orientale du bassin de l'Atlas, qui comprend le Haut Atlas marocain à l'ouest et s'étend jusqu'à la dorsale tunisienne à l'est. Il est situé au nord de l'Algérie, à environ 250 kilomètres au sud de la mer Méditerranée, à l'extrémité orientale de l'Atlas saharien (Fig.6). Le massif des Aurès est essentiellement constitué d'un ensemble de massifs montagneux parallèles, orientés sud-ouest-nord-est (Busson, 1900). La zone est délimitée par les coordonnées géographiques 35° 10' - 35° 30' N et 6° 30' - 7° 10' E. Il est constitué d'un ensemble de montagnes contrastées (Benmessaoud et al. 2009). Les limites de la zone d'étude sont (Figure 6):

- au nord près des plaines de R'Mila, Ouled Fadel et Timgad ;
- au sud-est des plaines de Melagou et Dj Aoures ;
- A l'est se trouvent les plaines de Dj Djahfa et d'Amamra, cette dernière la séparant des monts Nemamcha ;
- Au sud se trouve la pinède de Beni Imloul ;
- A l'ouest, il est délimité par le canyon et les plaines d'El Kantara otaya.

Cependant, à l'exception du massif du Chélia, légèrement incliné vers l'est : le semi-anticlinal du Chélia s'est découpé après l'accident d'Ichemoul, provoquant son déplacement horizontal vers le sud (Guiraud, 1973 ; Bellion, 1976), et les montagnes formant le Les massifs des Aurès sont orientés sud-ouest-nord-est (Blayac, 1899 ; Busson, 1900 ; Guiraud, 1973 ; Bellion, 1976; Mitard, 1941).

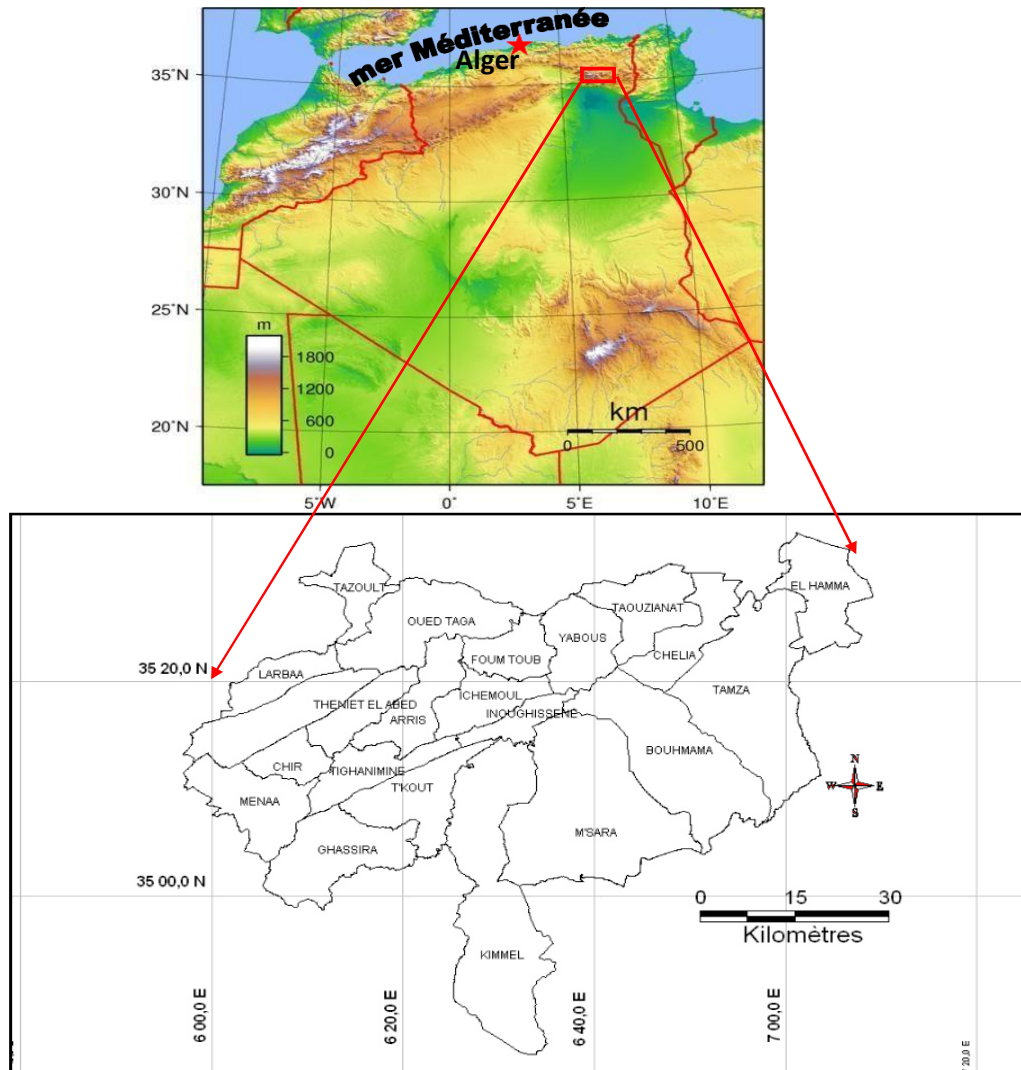


Figure 6 : Carte de situation de la zone d'étude (Benmessaoud, 2010).

1.1 Hydrologie

Les chenaux de la chaîne des Aurès, comme ceux des Nememchas, font partie des bassins des Chotts Melrir et el Rarsa au Sahara (Blayac, 1899 ; Mitard, 1941). Ils sont généralement secs la majeure partie de l'année, mais pendant la saison des pluies, ils sont secoués par des courants turbulents qui se nettoient assez bien. Ils sont naturellement influencés par la direction du pli est-ouest dans la zone du dôme. Les vallées principales ici sont des anticlinaux ou dessynclinaux. Ce réseau hydrologique est endogène, déversant l'eau dans les chotts au sud et la Sebkhia et les Garaates au nord. La partie nord de cette forêt est bordée par le sommet du Chelia, de Foughal à Ras Termelli. Toutes ses eaux forment le bassin du canal de Bou El Freiss, qui se jette dans le bassin fermé de Gueraa El Tarf ou chott El Beida (Delartegue, 1904). Les principales rivières asséchées alimentant ces milieux sont (Figure 7) :

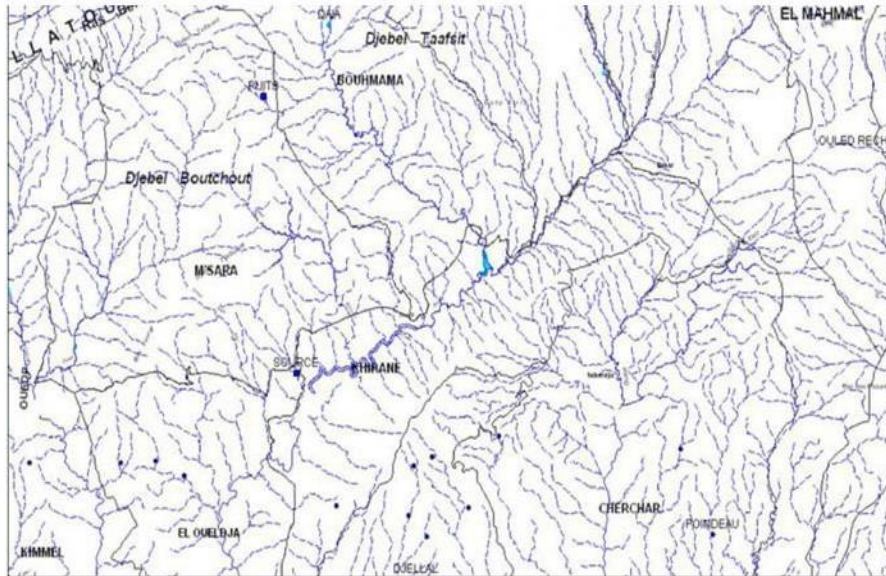


Figure 7 : Réseau hydrographique dans l'Aurès oriental (Benmessaoud, 2010)

2. Les grands traits de la paléogéographie de l'Aurès

L'Aurès est le massif principal de l'Atlas présaharien de l'est algérien, constitué d'une série de crêtes topographiques correspondant pour la plupart à des plis anticlinaux (Joleaud et Laffitte, 1934).

Selon (Herkat et Delfaud, 2000), le domaine aurésien intraplaque est une région intérieure particulièrement déprimée du bassin de l'Atlas en Algérie et en Tunisie. Il se caractérise par une zone de dépôt qui assure une transition entre le craton saharien proximal et le bassin distal de l'Atlas. Cependant Herkat et Delfaud (2000) distinguent :

- Une plate-forme côtière à côtière avec des dépôts de carbonate et de marne occupant la margesud du bassin d'Aureus et menant à la plate-forme distale, avec des marnes et des dépôts de marne au nord.
- L'accident de Tébessa met en évidence l'accès au bassin lui-même. Le bassin est bordé au nord-ouest par l'ancienne région de l'Atlas des monts Batna.

2.1 Sol

L'Aurès est généralement formé de calcaires crétacés et éocènes. Il n'est donc pas surprenant de constater que dans la plupart des sites le sol est argileux avec des blocs composés de calcaire. Il peut s'agir de calcaire homogène ou encroûté, voire de puddingstone à gros morceaux dont la désagrégation conduit à l'argile et au gravier (Gouat et Gouat, 1983). Les formations de grès et de dolomite ne sont pas rares dans cette lithologie. Plusieurs types de sols ont été

identifiés en fonction des roches mères, de la végétation primaire, du climat et de l'évolution de ces sols. Principaux types de sols que l'on peut rencontrer dans les zones forestières et pré forestières des Aurès sont :

2.1 Sol brun calcaire

Dans les cédraies, le groupe se localise principalement sur les marnes, puis sur les calcaires (Abdessemed, 1981). Sous les pinèdes, on trouve des bosquets denses de chênes verts, d'origine calcaire, entrecoupés parfois de formations marneuses du Cénomaniens, du Turonien et du Lias moyen supérieur (Schoenenberger, 1970a ; Abdessemed, 1981). Selon Abdessemed (1981), ces sols avec la Rendzine constituent tous les sols de la Cèdre de S'gag, on les retrouve également dans la Cèdre d'Ouled Yagoub (Dj Faraoun) et dans certaines parties de Belezma. Dans ce groupe, Abdessemed (1981) distingue deux faciès : l'un typiquement brun dans les calcaires et l'autre presque entièrement décalcifié en surface.

2.2 Les rendzines

Ces sols sont cultivés sur une matrice calcaire plus ou moins fracturée, dolomitique plus ou moins variée et calcaire dolomitique. Ce type de sol, associé à une dégradation généralisée de l'environnement, est devenu très rare. Selon Abdessemed (1981), ils existent sous Dj Chentgouma, Belezma et le cèdre méridional (Dj Azreg et Dj Taghda). Selon Schoenenberger (1970a), des parties importantes de chênes verts et de forêts luxuriantes sont situées dans les bois, et après défrichement, l'érosion enlève une grande partie de la couche d'humus.

2.3 Les sols bruns peu calcaires

Abdessemed (1981) a noté que ce type de sol est de loin le plus populaire, surtout sous le cèdre le mieux arrosé. Ils sont localisés sur des matrices gréseuses appartenant aux faciès Barrémien, Aptien et Albien. Dans les massifs du Chéla et des Ouled Yagoub, ces faciès occupent généralement des gammes d'altitude plus élevées. Pour cette raison, tous les sols des cédraies de Chelia et d'Ouled Yagoub sont composés de sols bruns peu calcaires. Pour ces groupes de sols listés ci-dessus, Schoenenberger (1970) a pointé des groupes plus ou moins répandus : sur les terrasses récemment formées à partir d'envasement et de terra rossa, de petits sols évolués sont parfois localisés dans les rivières asséchées du massif de Béni-Imloul le long du littoral. La zone la plus chaude avec des plantes thermophiles : taillis de chênes verts et *Ampelodesmamauritanicum*.

3. Géologie

Afin de mettre en évidence les principales caractéristiques géologiques de l'Aurès, nous donnerons un bref aperçu des principales caractéristiques qui marquent la géologie du massif. Le document de base est toujours celui de Laffitte (1939), que nous avons largement illustré. L'arrière-plan géologique est représenté sur la carte (Figure 8) issue de la carte géologique des Aurès de Laffitte (1939). A partir de cette carte, nous tenterons d'identifier les principaux faciès lithologiques, les caractéristiques des différentes époques géologiques.

L'étude des principaux faciès géologiques montre que la topographie de la zone est étroitement liée à sa structure géologique (Blayac, 1899). Cependant, la zone d'étude s'étend sur des terres qui appartiennent principalement au Mésozoïque. L'ensemble des terres de l'Aurès s'étend sur des faciès datant du Mésozoïque, subdivisés principalement en Trias, Jurassique et Crétacé. Selon Laffitte (1939), on distingue les phases suivantes :

3.1 Trias

Caractérisé par des argiles gypseuses et salines, avec des marnes vertes et des rouges panachés, notamment à Dj Melah (El Outaïa), Maafa, Menaâ, Narah et la médina de la plaine nord-ouest à la limite sud-ouest des Aurès.

3.2 Jurassique

Cet étage est constitué d'une succession de faciès calcaires, marno-calcaires et dolomitiques. Il a été notamment présenté sur Dj Azreg, Kef Taghda et Taghit Sidi Bel Kheir.

3.3 Crétacé

Selon Laffitte (1939), le Crétacé de l'Aurès était très développé et était composé de deux séries consécutives et clairement opposées. L'une a une épaisseur de 2000 mètres et se compose principalement de grès de la couronne d'Albigea. Cette famille de grès comprend des marnes et parfois des calcaires, mais en couches lenticulaires plutôt que continues. Cela a formé le Crétacé inférieur.

L'autre est une marne d'environ 3 000 mètres d'épaisseur, qui n'a jamais eu de couche de grès, pas même une dalle mince. Cette série représente la période du Crétacé supérieur.

3.3.1 Crétacé inférieur

Il y a 5 étapes ici, à savoir

➤ Le Valanginien

Laffitte (1939) signale que, dans les Aurès, le Valanginien n'affleure que sur l'anticlinal du Dj. Ezereg, qui forme un ovale allongé autour de l'affleurement jurassique. Le sol est caractérisé par de la marne au fond, tandis que du calcaire et du grès s'intercalent au milieu. Enfin, dans la partie supérieure, on trouve tantôt du grès, tantôt du calcaire.

➤ Hauterivien

Laffitte (1939) précise qu'il dessine un halo régulier au centre de l'Aurès. L'anticlinal DJ. Ezereg, qui forme des falaises calcaires ou gréseuses autour de dépressions occupées par des marnes valanginiennes. Généralement, cette couche affleure sous les faciès principaux : grès calcaires, grès et dolomite, parfois complétés par un faciès marneux légèrement sableux.

➤ Barrémien

Laffitte (1939) a noté que les affleurements antérieurs de cette couche étaient limités au centre de l'anticlinal Dj Ezereg, et que le Barrémien existe non seulement dans cet anticlinal, mais aussi dans les anticlinaux Chelia et Khenchela. Il est situé entre autres à l'extrémité sud des anticlinaux Belezema et Bou Arif. Cette couche est d'une importance topographique considérable car elle est de nature quartzite et présente une épaisseur énorme. Des faciès de quartz se développent au milieu et au nord du bloc, prenant en sandwich des marnes rouges, violettes et ocres au sud-ouest, et des couches de grès et de gypse mal cimentées. À Chelia, il est principalement exposé dans les canyons au sud de Chelia. Epaisseur apparente de 300 à 400 m, faciès gréseux. Il existe aussi en Dj Ichmoul, Dj Faraoun, Dj Aidel, Dj Bezeze et Dj Chendgouma.

➤ Aptien

Situé à l'aplomb du Barrémien, sans limites précises comme l'a posé Laffitte (1939), « mais les limites de la phase barréenne ne peuvent être précisées », observable sur les versants nord et sud, avec une grande variation d'épaisseur de 300 à 450 m Il s'agit essentiellement d'un faciès de grès très fin. Les affleurements aptiens sont présents sur tous les grands anticlinaux de l'Aurès.

➤ Albien

La limite supérieure du niveau est généralement visible de loin dans les reliefs eurasiens, car sur les flancs de l'anticlinal, elle correspond à l'érosion interrompue de la pente du terrain, puisque les marnes cénomaniennes s'enlèvent facilement, tandis que la partie inférieure Couchede

grès du Crétacé, un relief assez proéminent se produit (Laffitte, 1939). Ce niveau est présent dans tous les anticlinaux des Aurès, et il est souvent sacré dans les couches inférieures. Par ailleurs, Laffitte (1939) a souligné que dans le Massif du Chélia la phase de flysch empiète ici sur presque tout le sol ; elle se caractérise par une transition de phase rapide. Le calcaire ne reste que dans la partie nord-ouest de la montagne. Partout ailleurs, le calcaire est réduit à un mince intercalaire entre grès et marne. Pour le faciès des grès grossiers.

3.3.2 Le crétacé supérieur

➤ Cénomanién

Il est présent sur tous les anticlinaux de l'Aurès, y compris les versants sud et nord. Cette phase apparaît comme un halo autour du massif formé au Crétacé inférieur. La partie inférieure est au faciès marno-calcaire et la partie supérieure au faciès marno-calcaire. L'épaisseur de cette couche est d'environ 1000 m (Laffitte, 1939).

➤ Turonien

Dans les Aurès, cet étage est également présent partout, les affleurements occupant une surface considérable. La partie inférieure correspond à la phase marneuse et la partie supérieure à la phase calcaire-marneuse. Il affleure surtout sur l'anticlinal de Dj Ich Ali, sur lequel s'étend la forêt d'Ouled Fedhala. Il est également présent dans la partie sud du massif du Chelia, couvrant la quasi-totalité de la pinède de Beni Imloul.

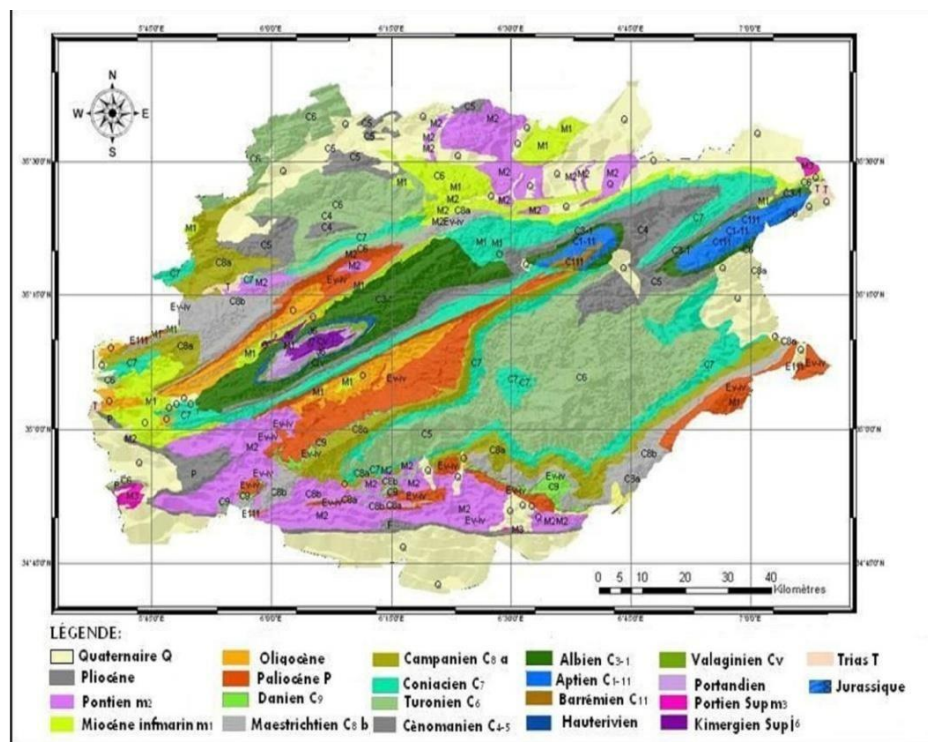


Figure 8 : Carte géologique des Aurès (Laffitte, 1939 ; Benmessaoud, 2010).

Le Sénonien.

On trouve également cet étage pareillement dans tous les anticlinaux de l'Aurès, sa partie supérieure est formée de calcaires massifs parmi lesquels les calcaires maestrichtien du Dj Mahmel qui portent l'une des thuriféraires les plus importantes de l'Aurès.

➤ **Le Danien**

Caractérisé par un faciès calcaire, il est présent particulièrement dans le Sud et dans l'Est de l'Aurès.

4. Situation administrative

La zone d'étude est partagée administrativement entre la Wilaya de Batna et celle de Khenchela. Cette zone se trouve encadré par les routes nationales reliant Khenchela à Batna, Batna-Biskra et Biskra-Khenchela (Figure 9). Ainsi, est-il géré par les conservations des forêts de Khenchela, de Batna et de Biskra.

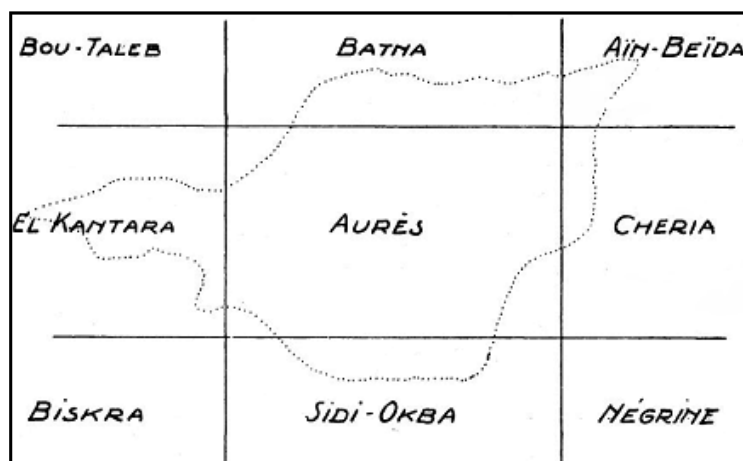


Figure 9 : Limites de l'Aurès d'après Mitard (1941).

5. Géographie et limites de l'Aurès

Afin de mieux représenter la région des Aurès, nous avons consulté un certain nombre de documents anciens, à savoir : Blayac (1899), Busson (1900), de Lartigue (1904) et Mitard (1941), dont nous tirerons une grande illustration. "Le terme général pour le massif des Aurès désigne la vaste île montagneuse qui s'étend à l'est de la dépression par laquelle coule la vallée de Cantara, la dépression de la route nationale et du chemin de fer de Batna à Bisquera. AURES ou le sens du mot AURES, comme disent les locaux, ne peut être déterminé ; il s'agit peut-être d'un

nom berbère, que l'on retrouve pour d'autres montagnes, notamment à Jebeores près de Kenchela.

Certains auteurs souhaitent que le nom soit dérivé du mot hébreu "Arzoun" (cèdre), et l'immense forêt de cèdres qui couvrait autrefois et recouvre encore des parties de la parcelle offrirait quelques possibilités pour cette étymologie. Cependant, il sera écarté car il était impossible pour les Israélites de s'infiltrer dans le pays jusqu'à la conquête romaine appelée la région "MONS AURASIUS" (de Lartigue, 1904).

Il mesure environ 150 kilomètres de large d'est en ouest et s'étend sur 80 kilomètres du nord au sud. Il ne s'agit pas tant d'un seul massif compact, mais d'un ensemble de hautes chaînes, entre lesquelles se creusent de profondes vallées (Besnier, 1899). Ce qui frappe le plus dans la chaîne montagneuse du Djebel Aurès, c'est sa structure qui en fait une unité géographique naturelle et son altitude qui dépasse le relief algérien et le plus haut sommet de Tunisie.

L'anticlinal de la chaîne du Lazreg pointe vers la courbe sud-ouest-nord-est, formant à son extrémité nord l'axe principal des dômes du Djebel Chélia (2331 m.) et de l'Amamra (2147 m.). Ces deux massifs dominent les vastes plateaux du Tharf et du Guélif à des altitudes ne dépassant pas 1000 à 1100 mètres (Blayac, 1899).

Selon Mitrad (1941), la région des Aurès est limitée par trois types de façades différentes à savoir (Figure 10) :

➤ 1° Plateau Nord, comprenant toute la façade nord et la partie nord de la façade ouest : Mac-Mahon (Ain Touta) et Plateau Est (Plateau de Tamagra : peut-être Timgad !). Le massif domine ces plateaux, mais tout son fond est recouvert d'une langue d'alluvions qui le sépare des massifs voisins (Bélezma, Bou Arif, Djebel Cherchar) à une altitude de pas moins de 800 m, à même plus de 1000 m entre Khenchela et Tamagra, de Touffana, entre Lam biridi et Ain Touta. Le rebord s'arrête très sensiblement d'un côté du Bled Kalaa -et-Trab et de l'autre côté des Tamarins.

2° Djebel Cherchar, au sud de la bordure orientale, entre Bled Kalaa-et-Trab et Khanga-Sidi-Nadji : la connexité des élévations et la similitude des formes de détail font ce qui est et ce qui n'est pas Aurès.

➤ 3° L'arc subaurésien semi-désertique, au Sud ouest et au Sud, fait alterner trois dépressions profondes (Plaine du Hodna, Plaine des Outayas et Zibans orientaux, de Biskra à Khanga-Sidi-Nadji) avec deux régions de limites moins nettes.

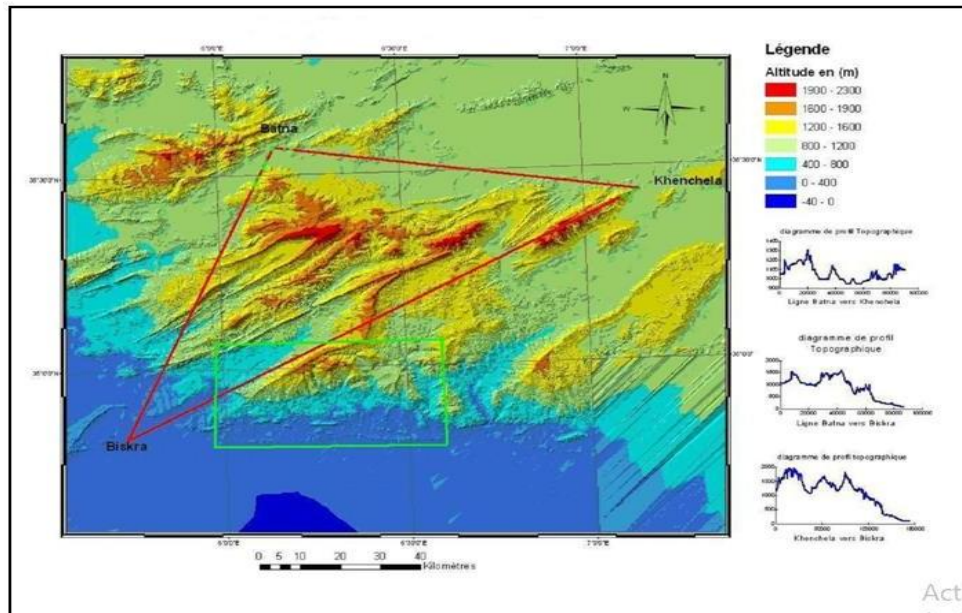


Figure 10 : Carte orographique de l'Aurès (Benmessaoud, 2010).

Conclusion

Les arbres les plus importants des Aurès sont les chênes locaux, les pins d'Alep, les sapins numides, les chênes verts, les sidères de montagne et les arbres fruitiers (oranger, pommier, pêcher, abricotier, figuier, olivier, amandier) dans chacune des hautes terres de Shelia et Ashmoul Parmi les arbres au niveau mondial se trouvent les cèdres de l'Atlantique.

Bien que les Aurès soient situées loin de la mer, elles se présentent sous la forme d'une masse verte.

CHAPITRE 3

Etude Climatique



Introduction

Le climat est un ensemble de caractéristiques météorologiques d'une zone donnée. Intégration à long terme. Transformer des aspects du temps sur des périodes de temps plus ou moins longues Et dans un endroit clair. On peut aussi interpréter ce concept comme un ensemble L'étatordonné de l'atmosphère et son interaction avec la surface de la Terre Échelles spatio- temporelles bien décrites.

Selon l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) le climat est un ensemble d'éléments météorologiques pris sur une période de temps donnée Ils se combinent pour donner un caractère et une personnalité météorologiques. La nature du climat en jeu Il joue un rôle important dans la régulation des caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. Il Des interactions existent entre les climats, notamment les structures communautaires Type de plante et de sol (Ramade, 2008).

1. Station d'El Hamma

L'étude climatique a été faite à partir de données recueillies de la station météorologique de Khenchela localisée à El Hamma (Tableau 4) et située à une altitude de 983 m s'étendant sur une période de 20 ans 2002 à 2011 et 2012 à 2021.

Tableau 4 : Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma.

Station	Altitude	Latitude	Longitude
El Hamma	982,5 m	35°28'N	07°05'E

2. Les factures climatiques

2.1. La Température

La température est la grandeur physique la plus fondamentalement pertinente pour nous. La notion de temps est intrinsèquement liée aux sensations de chaud et de froid (Delmas, 2012). Il régule les modes d'altération des roches, notamment par les alternances gel/dégel, l'évaporation physique et physiologique (évapotranspiration), et joue ainsi un rôle important dans les régimes fluviaux tout en fixant des limites aux organismes. Strictement distribué (Fig 11) (Estienne et Godard, 1970).

Tableau 5 : la température moyenne mensuelle de la période 2002 -2011.

T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T°	6,25	7,13	10,28	13,6	17,95	23,32	27,05	26,08	20,91	17,09	10,89	7,32
T max	11,18	12,17	15,95	19,55	24,12	30,49	34,93	33,58	27,00	23,00	15,74	11,69
T min	1,76	2,71	5,33	7,74	10,92	15,57	18,9	18,11	14,76	11,6	5,76	3,18

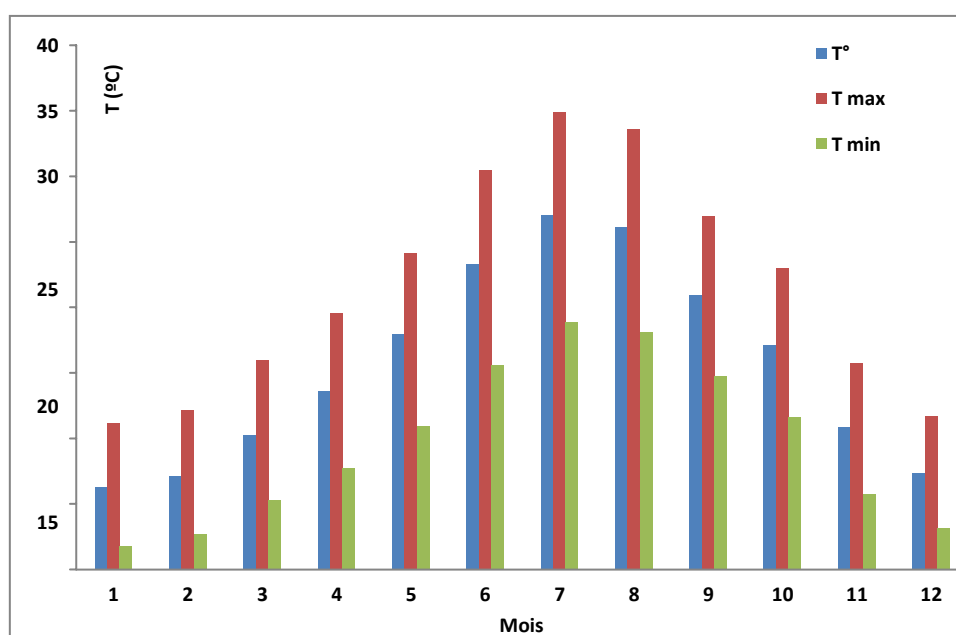


Figure 11 : Diagramme de température de la période 2002 – 2011.

Le Tableau 04 montre que le mois le plus chaud est Juillet avec une température maximale de 34.93 °C, alors que le mois le plus froid est Janvier avec une température Minimale de 2.6° C.

Tableau 6 : Température moyenne mensuelle de période (2012_2021)

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	6,77	8,27	9,55	20,59	17,80	22,95	25,38	25,25	21,16	16,39	11,59	9,05
T Max	11,12	11,73	15,46	20,49	25,51	31,04	34,79	34,05	28,55	22,10	16,67	12,07
T Min	3,87	3,29	5,44	9,13	13,01	23,94	20,60	20,60	17,15	11,84	7,94	4,60

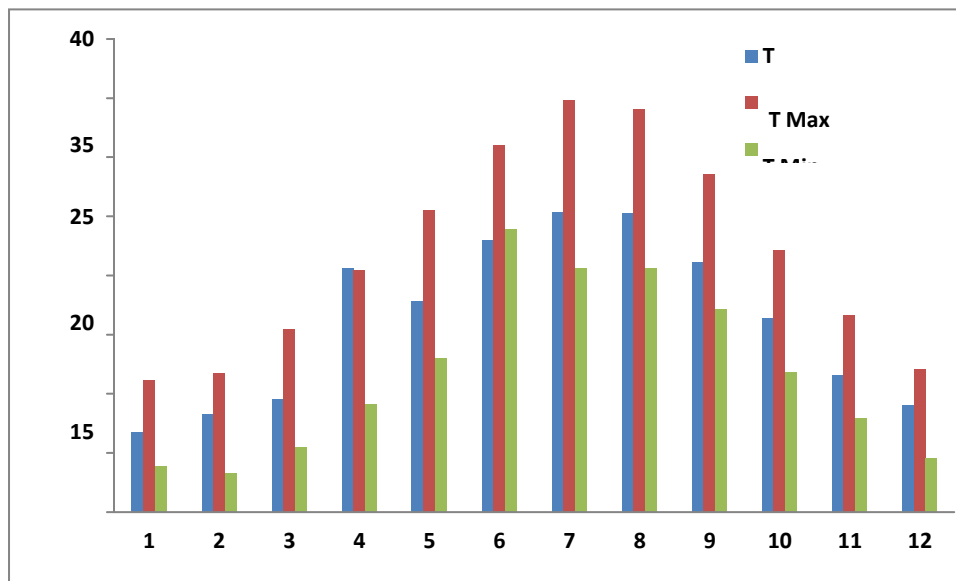


Figure 12 : Diagramme de température de la période 2012-2021.

Le tableau 6 montre que le mois le plus chaud est Juillet avec une température maximale de 34.79° C, alors que le mois le plus froid est Février avec une température Minimale de 3,29°C.

2.2 Précipitation

Le facteur le plus important dans la détermination du bilan hydrique est la précipitation, car elle reflète le cycle des eaux de surface et des eaux souterraines. Les précipitations sont un facteur qui affecte le débit saisonnier ainsi que l'état des cours d'eau et l'état de la nappe phréatique.

Tableau 7: précipitation moyenne mensuelle de la période 2002-2011.

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P (mm)	47,95	33,25	44,07	43,32	81,41	34,9	23,42	28,73	58,51	36,16	33,36	75,83

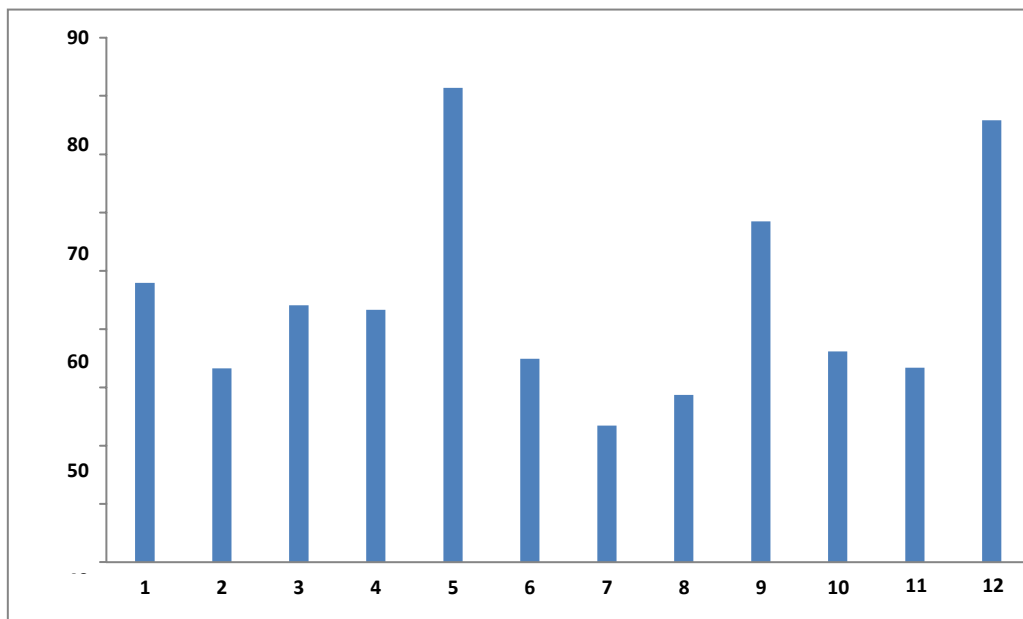


Figure.13 : Diagramme de précipitation moyenne mensuelle de la période (2002-2011).

Le tableau 7 montre que le mois de Mai est le plus pluvieuse avec 81,41 mm durant cette période ,alors que le mois de Juillet 23,42.

Tableau 8 : précipitation moyenne mensuelle de la période 2012-2021.

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P (mm)	29,43	33,42	58,4	61,21	53,47	20,65	10,35	37,2	47,33	35,76	32,37	30,56

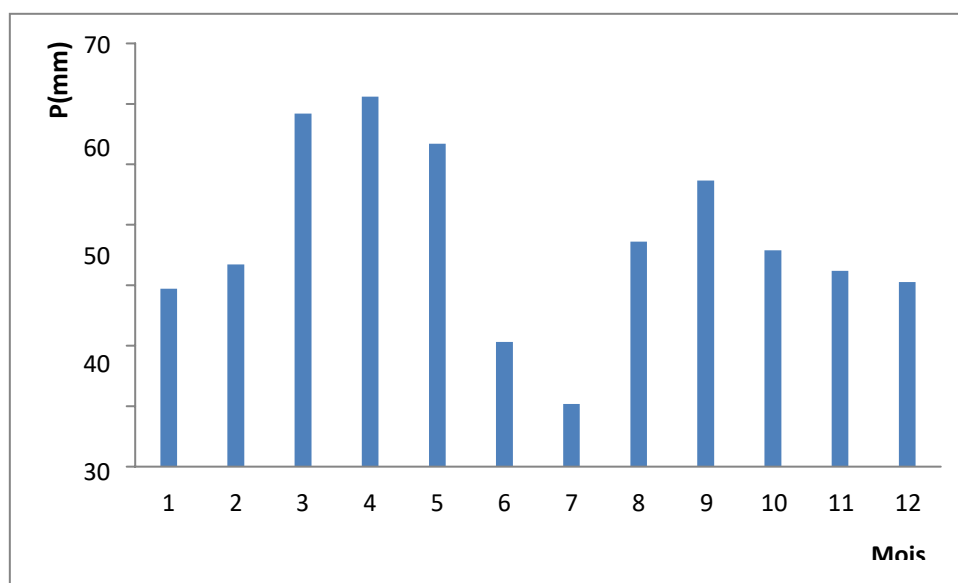


Figure.14 : Diagramme de précipitation de la période 2012-2021.

Le Tableau 8 montre que le mois d’Avril est le plus pluvieuse avec 61,21 mm durant cette période, alors que le mois de Juillet 10,35.

2.2 Le vent

Vents En général, les vents pluvieux sont soufflés des vents d’ouest en automne, en hiver et une partie du printemps, les vents chauds et secs du sud étant les plus fréquents et tombant en juillet et août, entraînant des augmentations de température importantes et une humidité atmosphérique brutale (Abdesemed 1982).

Tableau 9: variation des vitesses des vents mensuelles de la période (2002-2011).

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(m/s)	22,05	17,68	21,81	23,27	22,27	23,24	23,09	57,87	21,64	20,53	27,79	27,33

Le tableau 9 montre que la vitesse minimale de vent est de 17,68 m/s en mois Février et maximale 57,87m/s en mois d’Août.

Tableau 10 : variation des vitesses des vents mensuelles de la période (2012-2021).

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(m/s)	19,48	19,84	24,10	25,12	27,29	42,24	33,90	29,33	23,80	23,67	18,05	13,94

Dans le tableau 10 on remarque que la vitesse minimale du vent est de 13,94 m/s en mois Décembre et maximale 42,24m/s en mois de Juin.

2.3 L’humidité

Humidité C’est la masse de vapeur d’eau contenue dans une unité de volume d’air (Estienne et Godard, 1970). L’humidité joue un rôle important dans le confort du corps. Nous faire parvenir. L’humidité relative est exprimée en pourcentage. 100% est une chanson Vapeur d’eau saturée, risque de nuages, pluie, brouillard, rosée ou gel, 0 % dans l’air Complètement sec (les valeurs d’humidité relative ne sont jamais atteintes dans la nature, même dans désert) (Delams, 2012).

Tableau 11 : variation d’humidité moyenne mensuelle de la période (2002-2011)

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------

H(%)	897,8	87,11	85,35	86,56	78,45	69,83	66,08	71,45	82,63	79,55	85,61	86,64
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

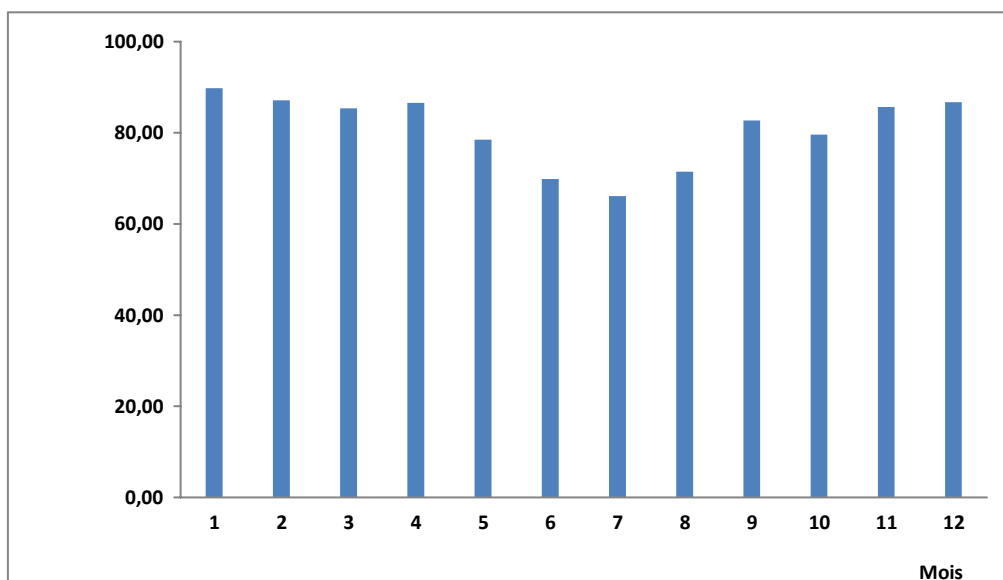


Figure 15 : Diagramme des moyennes mensuelles d’humidité (%) de la période (2002-2011).

Les valeurs de l’humidité relative sont relativement homogènes elles varient entre 66,08% et 89,78%.

Au cours d’une journée de la période estivale (Juin, Juillet, et Août), la température étant élevée, nous aurons une humidité journalière faible à moyenne 66,08 à 71,45 % et inversement, durant la nuit par dissipation de la température ambiante et l’humidité tend à augmenter.

Par contre, durant la période hivernale (Janvier, Février, Décembre), la température étant faible et nous remarquons une humidité élevée et atteindre entre 86,64 à 89,78%.

Tableau 12 : variation d’humidité moyenne mensuelle de la période (2012-2021).

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H(%)	770,4	74,57	71,36	67,89	64,52	52,34	44,56	50,99	63,16	63,08	71,96	78,72

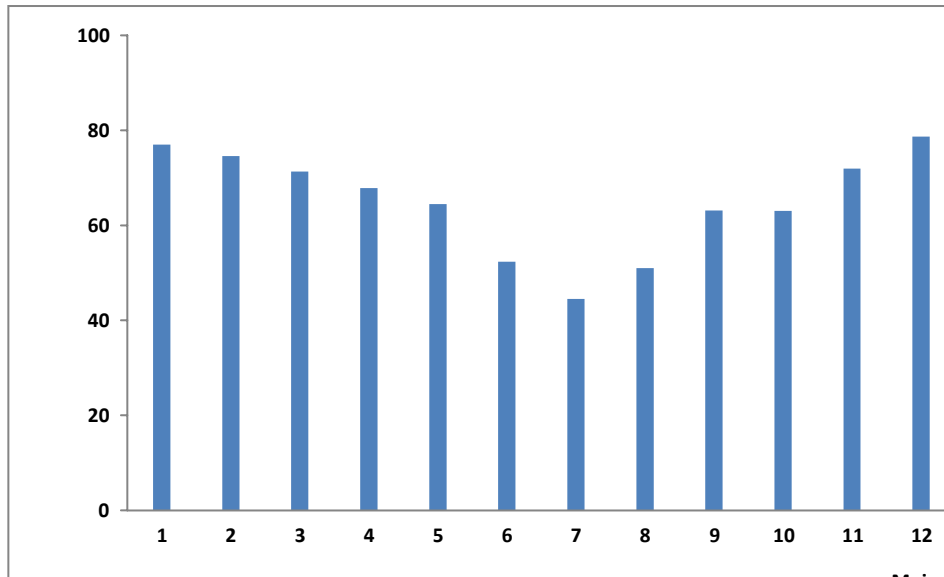


Figure 16: Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité (%) de la période (2012-2021).

Les valeurs d'humidité relative sont relativement uniformes, elles sont 44,56 % et 78,72%. Au cours d'une journée en été (juin, juillet et août), la température élevée, nous aurons une humidité quotidienne faible à modérée de 44,56 à 52,34 % et inversement, la nuit, en raison de la dissipation de la température et de l'humidité ambiante, Augmenter. Par contre, en hiver (janvier, février, décembre), La température était basse et nous avons remarqué une forte humidité, atteignant 74,57 à 78,72 %.

2.3 Evaporation

C'est le phénomène par lequel l'eau est amenée au sol sans que la végétation ne s'évapore. Atmosphère. Il est le plus grand dans le désert (Ramade, 2008). Approvisionnement en vapeur temps :

- Par évaporation physique au-dessus de l'océan, soit dit en passant, Lacs, ruisseaux et sols humides.
- Evapotranspiration physiologique à travers le couvert végétal. Parmi les facteurs régulant l'évaporation, il faut d'abord rappeler la température et Rayonnement solaire direct (Estienne et Godard, 1970).

3. Synthèse climatique

Les indices permettent de regrouper ou de comparer deux éléments climatiques important. Les complexes d'eau chaude peuvent être caractérisés par un indice de sécheresse déterminé Comme le rapport du pouvoir mouillant (précipitation) au pouvoir de séchage (évaporation). Sur cette base, certains indices sont souvent utilisés (Ramade, 2008).

3.1 Indice Ombrothermiques de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermiques peuvent décrire les caractéristiques climatiques d'une zone donnée pour une période donnée. Il tient compte des précipitations moyennes mensuelles et Température moyenne mensuelle. Il permet également de définir des périodes de séchage (Mutin, 1977). Lorsque la pluviométrie mensuelle (P) en (mm) est Moins de deux fois la température moyenne mensuelle (T) en degrés Celsius (Dajoz, 1985 ; Dreux, 1971 et 1980). L'intersection de la courbe thermique et de la courbe ombrique détermine la durée de la période sèche (Gaussen et al. 1957).

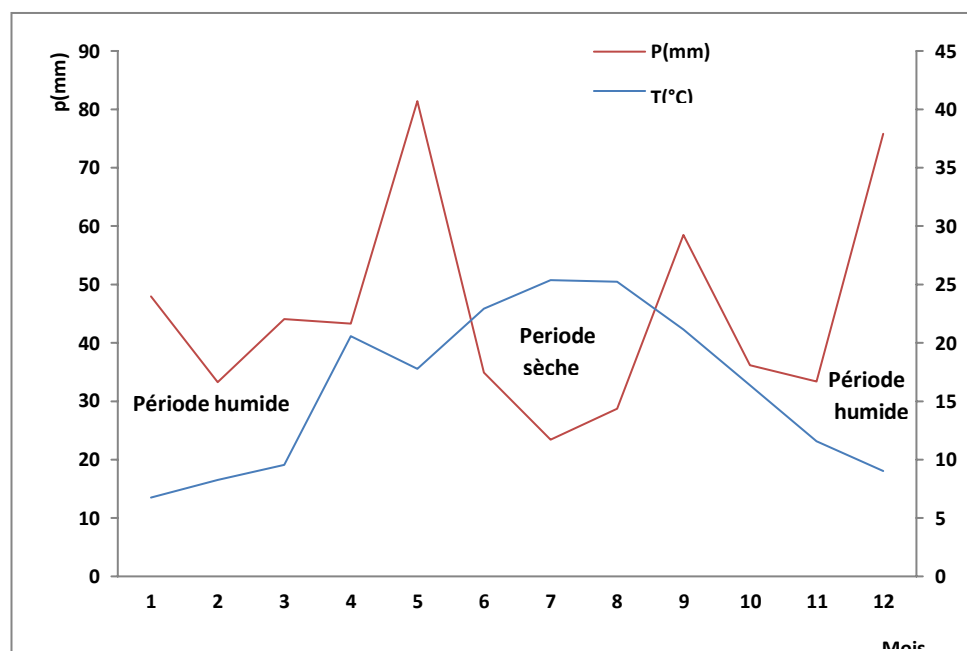


Figure 17 : Diagramme Ombrothermique (2002-2011).

Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de kenchela révèle l'existence de deux périodes. L'une sèche et l'autre humide. La période sèche s'étale depuis le début du mois Mai jusqu'au début de Septembre. La période humide s'étend du mois d'Octobre jusqu'au la fin d'Avril.

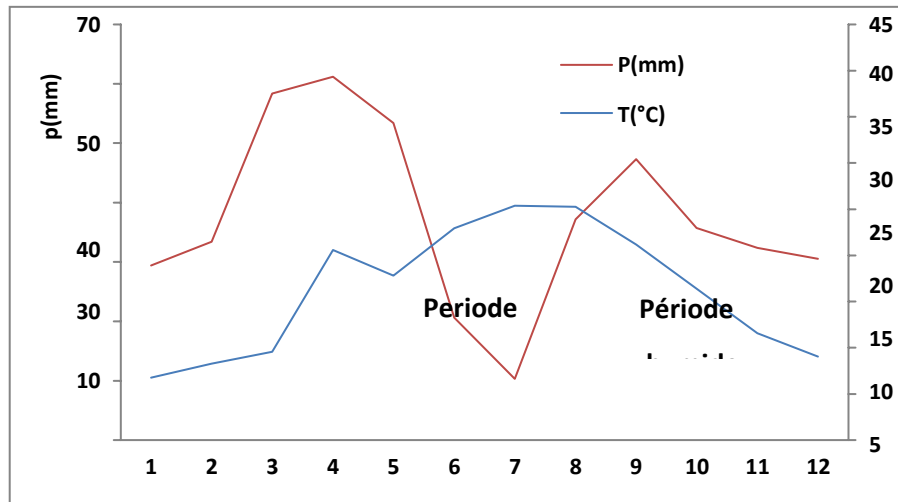


Figure 18 : Diagramme Ombrothermique (2012-2021).

La figure 18 montre l'existence de deux périodes : La période sèche s'étalant depuis le mois de juin jusqu' au mois d'août. La période humide s'étendant du mois de Septembre jusqu'au la fin du mois de Mai.

3.2 Le quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER (1952) a été établi pour la région Méditerranée, définie par la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / M2 - m2$$

- P : Pluviosité moyenne annuelle
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid (Boutemedjet, 2017)

En fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes :

- Humides pour $Q2 > 100$;
- Tempérées pour $100 > Q2 > 50$;
- Semi-arides pour $50 > Q2 > 25$;
- Arides pour $25 > Q2 > 10$;
- Désertiques pour $Q2 < 10$. (Labeled, 2014).

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région Khenchela, nous avons calculé le quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) avec des données climatiques calculées durant les périodes 2002-2011 et 2012-2021.

Tableau 13 : Evaluation du quotient pluviométrique Q2 pour la région de Khenchela pendant les périodes (2002-2011) et (2012-2021).

Période	M (°C)	m (°C)	P (mm)	Q2	Étage
2002-2011	34 ,93	1,76	540 ,9	55 ,9	Tempérées
2012-2021	34,79	3,29	446,08	48,6	Semi-arides

Ces données montrent que la région d'étude est classée dans l'étage bioclimatique Tempérées pendant la période 2002-2011 et la période 2012-2021 classée dans l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver frais.

4. Le bilan hydrique

Le bilan hydrologique est un moyen de compréhension et de suivi des réserves. Son évolution en années hydrologiques (Belkoum, 2017). La plupart des modèles les plus simples inclue le calcul d'indices climatiques tels que la différence entre la pluie et l'ETP pour le pas de temps mensuel. Le principal avantage de cette option est un accès facile aux données climatiques. Il peut également caractériser les climats régionaux (Granieret et al. 1995).

Le bilan hydrique global correspond à l'équation d'équilibre entre l'apport et l'apport Pertes qui affectent directement les variations des réserves. Déterminer le solde Dans la zone d'étude, évaluer ses composantes (pénétration, ruissellement et évapotranspiration) (Boubelli, 2009).

L'établissement du bilan hydrique permet de connaître les différents paramètres (ETP, ETR, RFU, déficit agricole, excédent) Cela permet de comprendre Fonctionnement du système hydraulique au sol. Quand le stockage est facile Disponible (RFU) est total, avec un excès d'eau accompagnant généralement flux. Une fois que le RFU est réduit, l'inventaire est épuisé au point où le RFU atteindra Complètement vide, et il y a un déficit agricole (DA) (Guilal, 2019).

4.1 Evapotranspiration

Le terme évapotranspiration comprend à la fois l'évaporation et la transpiration chez les plantes(Estienne et Godard, 1970). Nous distinguons :

4.1.1 Potentiel d'évapotranspiration (ETP)

C'est la quantité maximale d'eau qui peut être perdue en phase gazeuse dans des conditions climatiques Compte tenu de l'eau fournie par la couverture végétale continue désignée (herbe) et d'une croissance adéquate pour des plantes saines. Par conséquent, il comprend l'évaporation et la transpiration de l'eau dans le sol. Couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

ETP est calculé par la formule de Thornthwaite de 1954, qui utilise la température de l'air et la latitude de la station, donnée par l'expression suivante :

$$ETP = 16 (10 t / I) a.F$$

Avec :

- $a=0,018I+0,5$; $I=\sum i$; $i=(t/5)^{1,492}$.
- ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).
- T : Température moyenne mensuelle en (°C).
- i: Indice thermique mensuel.
- I : La somme des indices mensuels de l'année.
- F : Facteur correctif intégrant la durée d'insolation et la température.

Tableau 14 : Evapotranspiration potentielle (ETP) 2002-2011.

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	6,25	71,3	10,28	13,6	17,95	23,32	27,05	26,08	20,91	17,09	10,89	7,32
i	1,4	1,71	2,98	4,56	6,92	10,29	12,88	12,19	8,73	6,43	3,25	1,78
a	0,52	0,52	0,55	0,57	0,62	0,68	0,72	0,71	0,65	0,61	0,55	0,52
F	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
ETP	1,32	12,99	30,59	54,01	98,91	159,1	211,76	186,89	111,09	72,53	28,36	13,68

Tableau 15: Evapotranspiration potentielle (ETP) 2012-2021

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	6,77	8,27	9,55	20,59	17,80	22,95	25,38	25,25	21,16	16,39	11,59	9,05
i	1,58	2,14	2,66	8,52	6,84	10,05	11,70	11,61	8,88	6,03	3,57	2,46
a	0,52	0,53	0,54	0,65	0,62	0,67	0,70	0,70	0,65	0,60	0,56	0,54
F	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
ETP	1,32	17,01	26,76	114,32	97,41	154,55	188,61	176,23	113,52	67,22	31,76	20,03

4.1.2 Evapotranspiration réelle (ETR)

Évapotranspiration réelle (ETR) Il correspond à la somme de la quantité de vapeur d'eau évaporée du sol et de la quantité d'évaporation du sol. Une plante lorsque le sol est à un certain niveau d'humidité et que la plante est à un stade de développement physiologie et santé spécifiques. L'ETR peut être déterminé par :

ETR selon la formule de ture

$$ETR = P / (0,9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

Avec :

- ETR : Evapotranspiration réelle en mm,
- P : Précipitation moyenne annuelle en mm,
- L : Pouvoir évaporant, une limite vers laquelle tend l'ETR lorsqu'elle devient grande:

$$L = 300 + 25t + 0,05 t^3, \text{ où } t \text{ est la température moyenne annuelle en } ^\circ\text{C}.$$

$$L = 300 + 25(15,66) + 0,05(3840,3895)$$

$$L = 883,51$$

$$ETR = 541 / [(0,9 + 292681) / (883,51)^2]^{1/2}$$

$$ETR = 479,12$$

Tableau 16: L'ETR selon la formule de Ture 2002-2011.

Année	P(mm)	L	T(°C)	ETR(mm/an)
2002-2011	541,00	88,351	15,66	479,12

$$L = 300 + 25(16,23) + 0,05(4275,19137)$$

$$L = 829,50$$

$$ETR = [450,08 / (0,9 + 202572,06)$$

$$/ (829,50)^2]^{1/2} ETR = 411,82$$

Tableau 17 : L'ETR selon la formule de Ture 2012-2021.

Année	P(mm)	L	T(°C)	ETR(mm/an)
2012-2021	450,08	829,50	16,23	411,82

ETR selon la formule de thornthwaite

La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau disponible (Pluie +RFU) :

- Si $ETP = P$, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifie pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe ;
- Si $ETP > P$, on a $ETR = P + RFU$. Un déficit apparaît, une partie de la RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP.

L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe :

- Si $ETP < P$, on a $ETR = ETP$. La RFU pourra atteindre son maximum au delà duquel, il y aura infiltration vers la nappe. (Belkoum, 2017).

Tableau 18: ETR selon la Thornthwaite.

Année	ETR selon Ture (mm/an)	ETR selon Thornthwaite (mm/an)
2002-2011	479,12	653,97
2012-2021	411,82	490,56

4.1.3. Réserve facilement utilisable (RFU)

La RFU est la quantité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique (Gaagai, 2009).

RFU signifie eau facilement mobilisable par les cultures et dépend de Profondeur du sol et enracinement de la végétation. C'est « l'énergie végétale Il est facile à utiliser grâce à leur tension osmotique sans avoir à ralentir les ETR". (Khechana et al., 2019) Selon G. Gastanoy, lorsque la quantité d'eau qui empêche les pluies dépasse L'évapotranspiration est perdue et le reste est stocké, formant ce que l'on appelle des réserves Facile à utiliser.

RFU = 1/3 DaHeP

RFU: Réserve facilement utilisable en (mm) ;

Da: Densité apparente du sol, (Hallaire propose de prendre $D = 0,9$) ;

P: Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m) ;

He: Capacité de rétention:

He = 5 % pour un sol sablo limoneux ; He= 10 % pour un sol limoneux ; He=20 % (Guilal, 2019).

Pour un sol argilo limoneux Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas.

He = 20% soit 0.20% P = 0.5m.

Tableau 17 : Bilan hydrique selon Thornthwaite (2002-2011)

mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	6,25	7,13	10,28	13,6	17,95	23,32	27,05	26,08	20,91	17,09	10,89	7,32
ETP	10,47	12,99	30,59	54,01	98,91	159,1	211,76	186,89	111,09	72,53	28,36	13,63
ETR	9	10	33	50	87	68	28	29	59	36	23	12
RFU	50	50	50	43	38	5	0	0	0	0	11	50
DEF	1,47	2,99	-2,41	4,01	11,91	91,1	183,76	157,89	52,09	36,53	5,36	1,63
EXC	39	23,3	11,1	-6,7	-5,6	-33,1	-4,6	-0,3	-0,5	0,2	10,4	63,8
BH	48,53	47,01	52,41	38,99	32	-86	-183,76	-157,89	-52,09	-6,53	5,64	48,37
P	48	33,3	44,1	43,3	81,4	34,9	23,4	28,7	58,5	36,2	33,4	75,8

4.1.3. Interprétation du bilan hydrique

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations, elle représente le double des précipitations.

- L'examen de l'ETP à l'échelle mensuelle, montre l'existence de deux saisons bien distinctes

: l'une pendant laquelle les précipitations sont supérieures ou égale à l'ETP (Avril-Mai), et la seconde on a l'inverse allant de Novembre à Mars.

- Pendant la saison froide, les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la formation de la RFU.

- A partir du mois de Mars on a un épuisement de la RFU, ce qui se traduit par un déficit agricole. A partir du mois de Décembre on assiste à une reconstitution du stock, qui fixe son maximum au mois de Janvier, Février et Mars où la réserve commence à diminuer le mois d'Avril jusqu'à épuisement du stock.

- D'après le bilan hydrique les précipitations (P) est supérieur à l'ETR. Donc, présence d'excédant.

Conclusion

L'étude climatique est basée sur le traitement des données, mettre en lumière les aspects fondamentaux de climat qui se caractérise par des saisons thermiques.

D'après ces données la synthèse climatique montre que le climat de Khenchela à la période 2002-2011 climat de type tempérées et le climat dans la période 2012-2021 climat de type semi-aride.



CHAPITRE 04



Résultats et discussions

Introduction

La forêt algérienne apparaît comme une formation végétale dont les arbres sont en état de la lutte continuelle contre les facteurs de dégradation. Compte tenu de tous les éléments Climatiques particulièrement thermiques qui constituent des facteurs déterminants dans le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens et des pressions anthropiques exercées sans cesse sur elle, la forêt semble glisser rapidement sur la voie d'une dégradation progressive des essences principales et son remplacement par les maquis et les broussailles. C'est pourquoi, la Forêt est clairsemé en formation ouverte, entrecoupée par de nombreux vides et les forêts méritant leur appellation sont plutôt rares (Fosa, 2000).

1. Présentation du secteur des forêts

Le patrimoine forestier de la wilaya de Khenchela est de 146.303 ha de forêts, soit 15% de taux de couverture, répartie sur :

- Le massif de Béni-Imloul : 67 655 HA
- Le massif de Béni-Oudjana : 21 666 HA
- Le massif d'Oueld Yacoub : 27 305 HA
- Reboisements (zone Barrage vert) : 24 921 HA
- Autres formations : 4 756 HA
- 42000 ha de nappe à alfa.

2. Répartition de la superficie forestière par espèce :

- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) : 95 778 Ha
- Chêne vert (*Quercus ilex*) : 17 257 Ha
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) : 15 229 Ha
- Genévrier Oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) : 13 283 Ha
- Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) : 1 366 Ha

3. Les changements climatiques

La variabilité climatique correspond à l'évolution du climat par rapport à une tendance générale ou à une période de référence (souvent trois décennies). On peut parler de changement climatique pour les phénomènes cycliques, qu'ils soient de haute fréquence (comme les sécheresses ou les inondations saisonnières) ou de basse fréquence (comme l'Oscillation Nord Atlantique ou El-Nino), que si la modification de leurs fréquences se prolonge sur plusieurs décennies. Les paramètres climatiques comme la température, les précipitations, ou encore

l'humidité varient à toutes les échelles spatio-temporelles. Si leurs statistiques (moyenne, écart-type, événements extrêmes, ...) se modifient durablement, sur plusieurs décennies, on parle de changement climatique.

La variabilité du climat peut être due à des processus intrinsèques de la Terre, comme les éruptions volcaniques, à des influences extérieures telles que les cycles solaires ou de Milankovitch, ou au forçage anthropique que l'on peut également qualifier de processus extérieur.

L'évolution climatique récente est attribuée à la combinaison de l'évolution naturelle du climat et de sa modification par les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines, ces dernières modifiant la composition chimique de l'atmosphère terrestre. Le terme "changement climatique récent" évoque l'évolution du climat entre le XIXe siècle et nos jours ainsi que les projections pour le XXIe siècle, due à la fois à la variabilité naturelle du climat et à l'impact des activités anthropiques.

L'actuelle tendance au réchauffement est singulière dans la mesure où il est très probable qu'une majorité de celle-ci soit d'origine humaine (Randall, 2007). L'analyse de diverses observations directes (mesures in situ, radiosondes, données satellites ...) et indirectes (cernes des arbres, coraux, carottes de glace, relevés historiques...), met en évidence les signes du changement climatique.

4. L'influence du facteur du milieu sur le Cèdre d'Atlas

4.1 Dépérissement

La définition la plus couramment retenue dans la littérature pour le dépérissement est celle de Manion (1981) in Landman (1994) : « le dépérissement est un phénomène causé par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale, et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre ».

4.2 Symptômes et caractéristiques de dépérissement

En comparant les études précédentes, nous concluons que le dépérissement de Cèdre d'Atlas présente les mêmes symptômes.

Les symptômes de dépérissement les plus souvent cités sont (Guillaumin et al., 1985 ; Becker, 1987 ; Landmann, 1994) :

➤ Modification de la structure du houppier : perte d'aiguilles chez les résineux et perte de rameaux chez les feuillus, mort de portions de la couronne, apparence des microphyllie et feuilles disposées en rosettes.

- Dégénérescence fréquente des racines fines et mycorhizes.
- Réduction de la croissance de quelques années à plusieurs décennies avant l'apparition des symptômes visibles.
- Baisse des réserves d'amidon.

En ce qui concerne leurs caractéristiques spatio-temporelles, nous citons (Landmann, 1994 ; Thomas et al. 2002) :

- Dispersion au hasard (localement) des individus dépérissant.
- Persistance et aggravation des symptômes durant plusieurs années.
- L'âge des individus ; le dépérissement affecte davantage les arbres adultes.

4.3 Comparaison

Nous avons comparé deux mémoires, la première sous le titre "Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt)" et la deuxième avec le titre "Etude sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Belezma dans la Wilaya de Batna. Apport de la télédétection et SIG".

La première étude de Sarmoum Mohamed(2008) : Cette l'étude consiste à

➤ mettre en évidence l'effet du climat sur le dépérissement du cèdre dans cette partie méridionale de l'Atlas Tellien.

Où ils ont étudié:

- Etude climatique et bioclimatique.
- Etat actuel du dépérissement dans la zone d'étude. Analyse dendroécologique.

Résultats obtenus

Au terme de ce travail, les résultats obtenus montrent une interdépendance entre le climat et le phénomène du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans la cédraie de Theniet El Had, et ce compte tenu de la baisse du régime des précipitations de l'ordre de 23% et l'augmentation des températures maximales surtout pendant la période coïncidant à la période d'activité cambiale et/ou la phase d'élaboration du cerne.

Cette situation a marqué davantage la cédraie dans sa limite inférieure ; le dépérissement est fréquent dans les stations situées à basse altitude, sur terrain à forte pente et sur les expositions plus ensoleillées et chaudes. Le phénomène est identique à la situation de 1983-1984, marqué par une sécheresse sévère et prolongée qui a occasionné les premiers arbres dépéris à Theniet El Had. L'analyse des séries chronologiques des cernes et la reconstitution des années de

dépérissement confirment que le phénomène remonte à cette période et qu'il est antérieur à 1998. A partir de 1998, la standardisation des séries de cernes révèle une nette augmentation de l'épaisseur des cernes du cèdre.

Cette dynamique de la croissance radiale est en relation directe avec l'élévation du régime général des précipitations. La sensibilité de la cédraie de basse altitude se traduit par des coefficients de sensibilité moyenne élevée par rapport aux cédraies de haute altitude et une succession des cernes très minces, indiquant une croissance radiale en difficulté.

Cette relation est confirmée par les fonctions de réponse calculées. Elles montrent que l'apport en eau pendant les mois de l'activité cambiale est favorable, par contre une sécheresse sévère a un impact direct sur le dépérissement.

La deuxième étude de Beloula Salima

Cette étude a été effectuée sur la cédraie du Belezma à subir une forte régression ces dernières années à cause du Phénomène de dépérissement et l'absence de la régénération. L'objectif de ce travail est à la fois de connaître la dynamique du dépérissement sur la base de l'analyse des images satellitaires, et de faire le point sur l'impact de quelques facteurs écologiques (climat, sol, exposition et altitude) agissant sur ce phénomène.

Cette Étude basé sur :

- Analyse du sol.
- Étude géomatique.
- Étude climatique.

Résultats obtenus

Au terme de ce travail, que nous avons mené, Il apparaît clairement qu'il est possible de localiser les modifications de l'espace forestier et d'en estimer l'ampleur à partir des images satellitaires. La méthodologie adoptée se base sur la comparaison de la zone à différentes dates.

La détection des changements est précédée par des prétraitements de corrections géométriques des images. La comparaison de l'indice de végétation normalisé (NDVI) généré pour les différentes dates a permis d'établir des images présentant les différents changements dans ces deux zones.

Hormis les espaces restés inchangés, les évolutions constatées sont classées selon des classes de changement.

Les interprétations des causes de ces évolutions sont diverses. Le phénomène de sécheresse répétitive qui touche depuis longtemps notre secteur est le principal facteur de dépérissement. Les évolutions radiométriques progressives concernent essentiellement les nouveaux reboisements introduits dans certaines parties, le développement du chêne vert et le sous bois. Les changements régressifs de radiométrie montrent l'importance du dépérissement dans ces milieux naturels.

Du point de vue édaphique, malgré que les sols soient dans un état de dégradation avancé, leur impact sur le dépérissement de la cédraie demande à être confirmé par des études approfondies. Il semblerait qu'il intervient à une échelle locale un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques.

La difficulté d'appréhender les causes et les risques de dépérissement au niveau des stations nous incite à étudier ce phénomène sur une plus grande échelle (régionale) pour repérer des facteurs plus larges, applicables sur de grandes surfaces.

Il est en tous cas important d'identifier rapidement les causes du dépérissement afin de modéliser ce phénomène et d'identifier les zones et les conditions où il risque de se produire à court comme à moyen terme. Les données climatologiques montrent des précipitations irrégulières et une sécheresse plus importante pour la période récente.

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.

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. Dans cette étude, aucune variable n'explique plus de 50 % le dépérissement.

De plus, afin de préciser et compléter les résultats, il faudra aussi réaliser une étude plus approfondie des facteurs environnementaux influençant l'état de la végétation tels que la topographie, les stress climatiques, la pollution locale et qui pourraient expliquer l'état de santé

des peuplements. Là encore, il serait peut-être possible de mettre en place des méthodes de lutte et de prévention.

Le problème du dépérissement du cèdre de l'atlas du parc du Belezma paraît donc être centré sur les sécheresses répétées (cause primaire).

5. L'influence des facteurs du milieu de Pin d'Alep

Le pin d'Alep est largement répandu dans la forêt méditerranéenne, en particulier dans le massif des Aurès. Avec les changements de facteurs du milieu (température et précipitations) sur 20 ans de 2002 à 2021, la structure du pin d'Alep a changé comme suit :

➤ Un décalage temporel du démarrage et du développement des cycles de croissance normaux qui, à cause de températures élevées, peuvent être aux printemps de plus en plus précoces et en automne de plus en plus tardifs ;

➤ L'apparition de cycles supplémentaires très tardif en novembre ou décembre, qui pour la plupart poursuivront leur développement comme premier cycle de printemps l'année suivante ;

➤ Un retard au développement des cycles d'automne à cause de stress hydriques et thermiques excessifs ou prolongés en été, ces cycles n'arrivant pas à terminer leur développement avant l'hiver, et restant sans aiguilles ;

➤ Une activité de croissance significative en hiver, allant jusqu'au développement des boutons floraux dès décembre. Un accroissement du déficit hydrique pousse les arbres à favoriser les axes dominants dans l'accès aux ressources, au détriment des plus faibles, étalant le débourrement sur une plus longue durée. Un accroissement des pluies semblent homogénéiser la phénologie au sein du houppier, la différence entre rameaux forts et faibles étant moins importante.

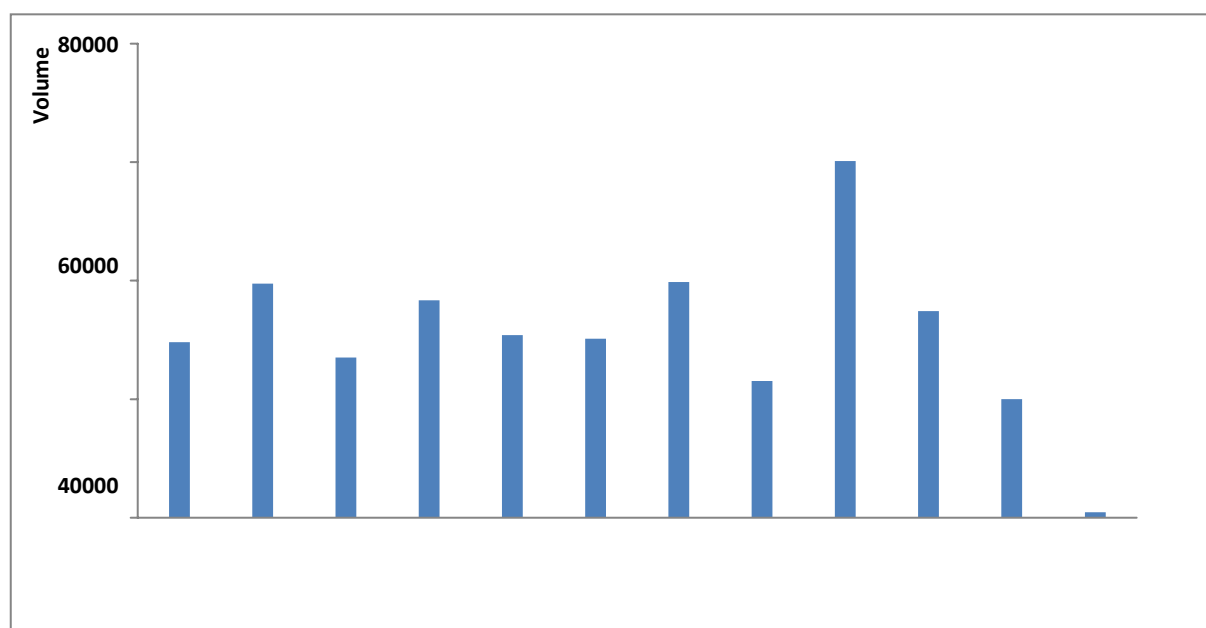
6. La possibilité annuelle de la production

- Ces forêts, offrent une production de bois (30.000 M3 par an),
- Ce volume produit représente **25%** de la production nationale.

		Unité (M ³)
Volume Totale Exploitable		4 500 000
Volume Totale exploité		1 120 000
Possible d'Exploitation	Annuelles	30 000

Tableau 19 : Etat d'exploitation du bois 2010_2020.

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Volume	29605	39468	27013	36674	30773	30211	39774	23070	60150	34842,4	19957,93	920

**Figure 19** : Diagramme d'exploitation du bois (2010-2021).

Le bois exploité est utilisé par la scierie de l'ERGR et le reste est commercialisé à l'usine de transformation de bois Transbois (Bejaia) et les 36 micro-entreprises de la wilaya et 18 entreprises dans les wilayas limitrophes.

Grâce aux données, nous notons le volume total de bois jusqu'à 372458,33. Le volume de production de bois varie d'une année à l'autre, car il y avait une abondance de bois en 2019, La production en 2021 a été minime.

Conclusion

D'après les données et l'étude fournies, le changement climatique est l'un des principaux facteurs et facteurs contributifs touchés par les pins des Alpes et Cèdres d'Alas. Il conduit à des changements dans le Pin d'Alep la longueur des pousses, le taux de ramification, le taux de floraison des femelles (cônes), le polycyclisme et la longueur des aiguilles ont diminué

considérablement. Le climat affecte également le Cèdre d'Atlas au niveau des feuilles et des aiguilles, des germes et affecte également le tronc et les branches, ces effets sont les symptômes du dépérissement.



Conclusion Générale

Conclusion générale


À la fin de cet étude, une introduction rétrospective aux grandes lignes et paramètres de l'étude est appropriée pour discuter de sa validité et de sa fiabilité, démontrer ses apports et ses limites, et présenter quelques points potentiels qui sont ressortis de l'étude. Rappelons que l'objectif général de cet article est d'identifier des pistes de réflexion sur l'état actuel et futur des forêts de pins d'Alep et de Cèdre d'Atlas dans la région des Aurès à l'Est algérien.

Ce travail s'inscrit donc dans un axe de recherche de terrain qui révèle l'adaptation des pins et des cèdres aux facteurs climatiques dans la région des Aurès. L'étude vise à analyser et discuter les aspects environnementaux de l'adaptation de ces espèces dans la région des Aurès et leurs facteurs climatiques. Sur la base de données climatiques, nous examinons les changements climatiques de ces dernières années, en comparant des études antérieures sur le Cèdre d'Atlas et le Pin d'Alep.

Il est possible de mettre en évidence les conclusions suivantes : Changements de morphologie (longueur des bourgeons, taux de ramification, taux de floraison femelle, multi-cycles et longueur des aiguilles diminuent considérablement).

L'analyse prouve la difficulté, la rigueur et la rudesse du climat eurasiatique. Enfin, il est intéressant de constater que les facteurs climatiques (vent, humidité, précipitations, température) des années passées dans les Aurès ne sont pas complémentaires et satisfaisants pour ces essences, compte tenu des résultats tirés en superficie, affectant le pin d'Alep et le Cèdre d'Atlas.

En revanche, il faut choisir les espèces les mieux adaptées aux changements climatiques



Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abdennebi A, 2006. Contribution à l'étude de la régénération naturelle du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans la région de Djerma Dhara. Thèse d'Ingo Univ Hadj Lakhdar Batna: 3- 11.

Abdessemed K, 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans les massifs de l'Aurès et Belezma (Algérie) : étude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de docteur ingénieur, Univ. Aix -Marseille, 199 p.

Abdessemed K, 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de l'Aurès et Belazma. Etude phytosociologique et problème de conservation. Thèse de Doc. Univ d'Aix Marseille III, 199p.

Acherar M, 1981. La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans les basses garrigues du Montpellier. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 210 p.

Acherar M, Lepart J, & Debussche M. 1984. La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Languedoc méditerranéen. *Oecologia Plantarum* 5 (19) : 179-189.

Atmani N, et Masmoudi M, 2008 . Etude de l'impact de *Bacillus thuringiensis* Kurstaki dans la lutte de la chenille processionnaire du Pin d'Alep "*Thaumetopoea pityocampa* Schiff " au niveau de la forêt domaniale de Beni Oudjana (khenchela), mémoire, d'ingénieur d'état en écologie végétale et environnement, uni-batna, 47p.

Ballais J,L, 1981. Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie). Thèse doctorat-Université de Paris I, pp 572 + Annexes + Cartes.

Becker M., 1987. Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. *Ann.Sci.For* : 44 (04), pp 379-402.

Bedel J, 1986. Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone de méditerranéenne français Ed CIHEAM ,1986,86P.

Bellion C, 1976. Etude géologique et hydrogéologique de la terminais on occidentale des monts de Belezma (Algérie). Thèse du doctorat de 3^{ème} cycle, Univ de Paris VI France.

Benabid A, 1994. Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For au Maroc. Numéro spécial* (27), pp 33-60.

Benabid A, 2000. Flore et écosystèmes du Maroc, évaluation et préservation de la biodiversité. Edi: Ibis Press, Paris, 324p.

Benmessaoud H, 2010. Étude de la vulnérabilité a la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie) . Thèse de docteur En aménagement du territoire. Université de Batna, 227 p.

Benmessaoud H, Kalla M, et Dridi H, 2009. Evaluation de l'occupation des sols et désertification dans le Sud des Aurès(Algérie).

Bentouati A ,et Bariteau M, (2006). Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne. t. XXVII, n° 4. pp. 317-322.

Bentouati A, et Oudjehih B, (1999). Première étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif du Belezma (Aurès-Algérie). Forêt Méditerranéenne t. XX, n° 2. pp. 115-119.

Bentouati A, 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de Pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill) du massif d'Ouled Yagoub (Khenchela- Aurès). Thèse de doctorat. Univ de Batna.9-116 P.

Besnier M, 1899. Notes sur l'Aurès : la plaine d'Arris. In: Annales de Géographie. 1899,t.8, n°40, 366-369.

Blayac J, 1899. Le pays des Nememchas à l'est des monts Aurès. In: Annales deGéographie. 1899, t. 8, n°38, 141-159.

Bouceddi N, 2016. contribution a l'étude de l'extension et du comportement du pin d'Alep (*pinus halepensis* mill.) dans la chênaie mixte du parc national de theniet-elhad (w .tissemsilt), mémoire, master en foresterie, uni-tlm, 50p

Boudy P, 1950. Economie forestières Nord-africaine, Tome II . Monographies et traitements des essences forestières, Fasc II. Edi : Larose, Paris, 638p.

Boudy P, 1952. Considération sur la forêt algérienne et la forêt tunisienne compte rendus hebdomadaires des séances de l'académie d'agriculture de France, T.39, seance de 08 es octobre1952, 1952, pp 529-543.

Boudy P, 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. Maison rustique, Paris, 505 p -

Boudy P, 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris. Maison rustique, 509 p. 94
FIGURE 1.Carte.

Busson H, 1900. Les vallées de l'Aurès. Annales de Géographie. 1900, t. 9, n° 43, 43-55.

Chbouki N, 1994. Une synthèse dendroclimatique du Cèdre de l'Atlas. Ann. Sci. For. Maroc.

Numéro spécial (27). Vol I : 33-60.

Christensen J.H., Carter T.R., Rummukainen M., Amanatidis G. (2007) : Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. Climate Change, 81 : 1-6 .

Dahman M, et Khouja M, L, 1994. Résultats des essais d'acclimatation du Cèdre en Tunisie.

Ann. Sci. For. Maroc. Numéro spécial (27). Vol I : 129-138.

Daoui A., Douz J. Marchal R. Zerizer A. (2007) : Valorisation du bois de pin d'Alep par déroulage : optimisation de son étuvage. Bois et Forêts Des Tropiques, 294 (4): 51-64.

Debazac E, F, 1964. Manuel des conifères. Edi, Masson, Paris, 179p.

Decrey M, 1994. Adaptation du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen: Aspects écophysologiques de sa réaction à la sécheresse. Ann. Sci. For. Maroc. Numéro spécial (27). Vol I : 139-154.

Delartigue M, 1904. "Monographie de l'Aurès" Constantine, Imprimerie à vapeur Marle -Audrino, gr. in-8, x, 491 p.

Demarteau M., Francois L., Cheddadi R., et Roche E. (2007) : Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. Geo-Eco-Trop, 31 : 105 – 146.

Derridj A, 1990. Etudes des populations du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*)Évolutives de ce peuplement F.A.O, Projet –Algérie15. Constantine, 42 p.

Ezzahiri M, Belghazi B, et Bahmad M, 1994. Bilan de la régénération naturelle de la cédraie dans les parcelles clôturée du Moyen Atlas, Maroc. Ann. Rech. For.Mar. Numéro spécial (27),pp 259-268.

Faurel L, et Laffite H, 1947. Facteurs de répartition des cédraies dans les Massifs de l'Aurès et du Belzma. Bull.Soci.Hist.Nat de l'Afrique du Nord: 04, 178-189.

Gausson H, 1964. Les gymnospermes actuelles et fossiles. Fasc. VII. Fac des sciences, Toulouse, 480p.

Giec (2014). ipcc ar5 wgii, 2014 : Fifth Assessment Report – Impacts, Adaptation and Vulnerability.

Gouat P, et Gouat J, 1983. L'habitat du goundi (*Ctenodactylus gundi*) dans le massif de l'Aurès (Algérie). Mammalia, t. 47 n° 4, 227-238

Graf P, et Mzibri M, 1994. L'infestation du Cèdre d'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti) par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au Maroc et son impact sur la productivité. Ann. Reche. For.Mar, Numéro spécial (27), pp 594-513.

Guillaumin J.J, Bernard Ch, Delator C et Belgrand M, 1985. Contribution à l'étude du dépérissement du chêne, pathologie racinaire en forêt de Tronçais. Ann.Sci.For : 42(1), pp 1- 22.

Guiraud R, 1973. Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine de l'Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Thèse de doctorat sciences. Univ de Nice- France.

Halitime, 2006. Contributions à l'étude de la réserve utile en eau des sols de la cédraie dans les Aurès : influence des facteurs édaphiques. Thèse de magistère en sciences agronomiques 2006. Université de Batna.

Halitime S, 2006. Contribution à l'étude des réserves utiles en eau des sols de cédraie dans les Aurès, influence des facteurs édaphiques. Mém.Magister. Univ de Batna, 134p.

Herkat M, et Delfaud J, 2000. Genèse des séquences sédimentaires du Crétacé supérieur des Aurès (Algérie). Rôle de l'eustatisme, de la tectonique, de la subsidence : une mise au point. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences 330, 785–792

Hocine H, Belarbi H, Perrin R. et Chevaier G. 1994 . possibilités de mycorhization de *cedrusatlantica manetti* Ann. Rech. For. Maroc, (1994), T (27), 349-361.

Joleaud L, et Laffite R, 1934. Grotte préhistorique de Khanguet. Si Mohammed Tah ar (Aurès septentrional). In: Journal de la Société des Africanistes , t 4 fascicule 1, 111-114.

Kadik B, 1987. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*pinushalpensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed. O.P.U ; 580 p.

Kadik L, 1984. Phyto-écologie des formations à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du Senalba Chergui et Gharbi Thèse Doct.3ème P cycle. Univ. H. Boumédiene Sciences. Bab Ezzouar. 281p.

Laffitte R, 1939. Esquisse géologique de l'Aurès . Thèse ès sciences – Paris, France. 484p.

Landmann G, 1994. Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. Rev. For. Franç. Numéro spécial (05), pp 405-416.

Loisel R, 1976 . Place et rôle des espèces du genre *Pinus* dans la végétation du sud-est méditerranéen Français. *Ecologia Mediterranea* 2 : 131-152.

M@ppemonde94,<http://mappemonde.mgm.fr/num22/articles/art09206.html>

Mezali M. (2003). Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts : 8 p.

M'hirit O , 2006. le cèdre de l'atlas :mémoire du temps .Ed.Mardaga.288p.

M'hirit O., 1994 : Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Méditerranéa "le Cèdre". *Ann. Sci. For. Maroc.* Numéro spécial (27). Vol I : 03-22.

M'hirit O, 1994. Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Méditerranéa "leCèdre". *Ann. Sci. For. Maroc.* Numéro spécial (27). Vol I : 03-22.Manetti) en Algérie. Thèse de doctorat. Univ. Paul Sabatier.Toulouse, 288p.

Meddour R, 1994. La cédraie de l'Atlas Blideen (Algérie). Valeur bioclimatique, syntaxonomique et dynamique. *Ann. Rech. For. Mar.* Numéro spécial (27), pp105-128.

Mezerai DJ, 2014. Ecologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région du Tlemcen, mémoire, master en biologie, univ. Tlemcen, 85 p

Mitard A,E, 1941. Aperçu des grands traits géographiques de l'Aurès, Algérie. In: *Revue de géographie alpine.* Tome 29 n°4. 557-578.

Moukouri. N, (2006). Contribution à étude du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le massif des Ouled Yakoub : approche sylvicole. Mémoire d'ingénieur. Département d'Agronomie. Faculté des Sciences. 58 pages.

Nahal I, 1962. Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole

- .Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts 19 (4) : 533-627.
- Pardé J. (1957)** : La productivité des forêts de pin d'Alep en France. Annales E.N.E.F de la Station de Recherches et Expériences forestières, 15 (2) : 367-414.
- Quezel P, 1986 a.** Les pins du groupe —Halepensis| Ecologie, Végétation, Ecolphysiologie. CIHEAM- Options Méditerranéennes. pp. 11-23.
- Quezel P, et Barbéro M, 1992.** Le pin d'Alep et les espèces voisines ,répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne III (3) : 158-170.
- Quézel P, et MÉDAIL F. 2003.** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen.Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Paris, pp. 28-125, 571 p.
- Quézel P, (1998).** Cèdres et cédraie du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique Forêt Méditerranéenne. t. XIX, n°3. pp. 243-257.
- Quézel P, et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, 618p.
- Quézel P, 2000.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Edi Ibis, Paris, 117p.
- Randall, D.A., Wood, R.A., Bony, S., Colman, R., Fichet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, A., Shukla, J., Srinivasan, J., Stouffer, R.J., Sumi, A. and Taylor, K.E. (2007).** Climate Models and Their Evaluation, in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., and Miller, H.L. (eds.): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ripert C, et Boisseau B., 1994.** Ecologie et croissance du Cèdre de l'Atlas en Provence. Ann. Sci. For. Maroc. Numéro spécial (27). Vol I : 155-172.
- Sari Dj, 1977.** L'Homme et l'érosion dans l'Ouarsenis. Edi SNED, Alger, 628p.
- Schoenenberger A, 1970a.** Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental tendances évolutives de ce peuplement F.A.O, Projet –Algérie15. Constantine, 42 p.
- Schoenenberger A, 1970b.** Catalogue des espèces vasculaires des massifs forestiers des Beni Imloul-Chèlia-Belezma-S'gag(Aurès), CRBT/ONRS, Alger, 30p

Serre F, (1973) . Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, France, 236 p.

Terink W. , Immerzeel W.W., Droogers P. (2013) : Climate change projections of precipitation and reference evapotranspiration for the Middle East and Northern Africa until 2050. *International Journal of Climatology*, 33 : 3055-3072 .

Thomas A.L, Gégout J.C, Landmann G, Dambrine C, and King D, 2002. Relation between ecological condition and fir decline in a sandstone region of the Vosges mountains (northeastern France). *Ann.For.Sci*: 59, 265-273.

Toth J, 2005. Le cèdre de France .Etude approfondie de l'espèce. Paris , L'Harmattan. L'Harmattan. Biologie. Ecologie, Agronomie .207p.

Toth J,P, 2005. Le cèdre en France, étude approfondie de l'espèce. Edi Harmattan, Paris, 271p.

Yahi N, et Médiouni K., 1997. Phytosociologie des groupements à cèdre (*Cedrus atlantica* Man.) du massif de Théniet El Had. *Coll. Phyto.*, Bailleul, pp 479 – 490.

Yahi N, 1995. Contribution à l'étude phytosociologique des formations à cèdre de l'Atlas de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) Tellien (Ouarsenis, Djurdjura et Babor). Thèse de Magister, USTHB, 174p.

Yahi N., 2007 : Etude phytoécologique et phytosociologique et problèmes de conservation des cédraies algériennes. Thèse de doctorat, USTHB.

Zenzen W, 2016. Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt d'Ouennougha dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj, mémoire, master en foresterie, univ. Tlemcen 60p.