

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CONSTANTINE 1



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة قسنطينة 1

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Ecologie Végétale

Année universitaire 2013/2014

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du Diplôme de Master 2

Filière : Ecologie et Environnement

Option : Protection et Conservation des Ecosystèmes

Thème

**Diagnostic de plantation de cèdre de l'Atlas à djebel –ouahch
(constantine)**

Présenté par :

Boukhelifa Aicha

Soutenu le : 24 /Juin/2014

Devant la commission :

Président : Alatou D.

//Pr. Université Constantine 1

Promoteur : Rached-Kanouni M.

// M.C.B. Université Constantine 1

Examineur : HadeF A.

// M.A.A. Université Constantine 1

Invité : Magora

// Conservation des forêts de Constantine

Noms et Prénoms : Boukhelifa Aicha
Mémoire de fin de cycle
Pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Ecologie et environnement
Option : Protection et Conservation des Ecosystèmes

Thème : Diagnostic de plantation de cèdre de l'Atlas à djebel -ouahch

Résumé

Notre étude conduite sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) a pour objectifs de connaître l'état sanitaire de parcelles plantées du cèdre d'Atlas dans deux stations à djebel ouahch (la réserve biologique et la station de kef lakhel), et effectuer un diagnostic d'adaptation de ces sujets dans cette région.

Plusieurs paramètres dendrométriques ont été étudiés dans les deux stations à savoir la hauteur de l'arbre, le diamètre, la circonférence et la surface terrière

Les résultats obtenus que cet arbre subit un dépérissement suites à l'interaction de plusieurs facteurs destructeurs, ainsi statistique étudiés dans la station de kef lakhal sont plus corrélé par rapport aux paramètres étudiés dans la réserve biologique qui présentent une corrélation positive.

Mots clé : cèdre de l'atlas, plantation, djebel ouahch, diagnostic, dépérissement.

Soutenu le : 24/06/2014

Devant le jury :

- | | |
|---|--|
| -Président : Mr.Alatou D | // Professeur. Université Constantine1 |
| -Promoteur : Mme Rached-kanouni M. | // M.A.C. Université Constantine1 |
| -Examinatrice : Mr.Hadef A. | // Enseignant. Université Constantine1 |
| -Invité : Magora | // conservation de la forêt Constantine |
-

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, Je remercie Allah, le bon Dieu miséricordieux pour m'avoir aidé à réaliser ce travail.

Je voudrai exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à :

- la personne sans qui ce travail ne sera pas, mon promotrice Mme Rached-kanouni .M, Maître de conférences D à l'université Constantine*
- Mr Alatou dj, Professeur à l'université, pour avoir accepté de présider le jury, et d'examiner mon travail.*

Mes remerciements les plus vifs vont aussi à :

- Mr hadef A. Enseignant à l'université de Constantine pour lui aide précieuse depuis le début de ce travail, ses conseils de grande valeurs, sa disponibilité, ses encouragements*

Mes sincères remerciements s'adressent à la conservation des forêts de la wilaya de Constantine surtout Mr ayyat y.et Mr mesbahi de la circonscription d'el -khroub pour leur aide.

Je n'oublierai pas mes collègues pour leur aide et soutien, qu'ils soient vivement remerciés :

Les doctorantes Mme otmani kh. Et belkoichi N. Et mes amies chaima'a et nassima, Manel, sarra pour leur soutien morale et toute la promotion écologie de 2014.

À une personne très chère,

*À celle qui m'a aidée et encouragée, aussi bien dans Les moments
difficiles que dans le temps de faste ; À celle qui a toujours été pour moi,
synonyme de Confiance, d'aide et de compréhension ; À ma chère
"MAMAN", À mon père qui mes soutenu et mes fourni tous les moyens
nécessaires pour réaliser ce travail À mes frères ; Abderrahmane, Ayoub,
yacer ; À ma seule sœur maiissa , À la mémoire de ma grande mère, À
mes amies intimes Manel et sarra*

« Je dédie cet humble travail. »

Sommaire

Introduction	2
Synthèse bibliographique	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
I. Généralité sur l'espèce	4
1. Historique	4
2. situation actuelle du cèdre de l'atlas.....	4
2.1. l'aire naturelle.....	4
2.2. l'aire d'introduire.....	5
3. Taxonomie.....	6
4. caractères botaniques.....	7
5. Ecologie du cèdre de l'atlas.....	8
5.1 Etage bioclimatique.....	8
5.2 la pluviométrie.....	9
5.3 la température.....	9
5.4. l'altitude.....	10
5.5. le substrat.....	10
5.6. l'exposition.....	10
6. Association du cèdre de l'atlas.....	10
7. Importance économique du cèdre	11
II. Le dépérissement.....	11
1. les symptômes de dépérissement.....	11
1.1. les symptômes des feuillages.....	12
1.2 les symptômes des bourgeons, des pousses et des rameaux.....	12
1.3 les symptômes des troncs et des branches	12
1.4 Autre symptômes sur les feuilles et les aiguilles	12
2. les facteurs du dépérissement.....	13
2.1. les facteurs prédisposant.....	13
2.2. les facteurs déclenchant.....	13
2.3. les facteurs aggravants.....	14
4. les types de dépérissement.....	15
III. Diagnostic	15
Matériel et méthodes	
1. Caractéristiques de la zone d'étude	18
1.1. Présentation de la zone d'étude	18
1.2. pédologie.....	18
1.3. climat.....	19
1.3.1 correction pluviométrique.....	19
1.3.2 correction thermique.....	20
1.3.3. Synthèse climatique.....	21
1.4. détermination des étages bioclimatiques des différentes stations d'étude.....	22
2. choix des stations échantillonnage et acquisition des données	23
2.1. choix des stations.....	23
2.2. méthodes d'échantillonnage.....	23
2.3. collecte des données dendrométriques.....	23
3. méthodes d'analyse statistique.....	24

3.1. statistique descriptive.....	24
3.1.1 description des données.....	24
3.1.2. les équations des régressions	25
3.1.3 le test STUDENT pour échantillon indépendant.....	25
3.1.4. analyse de la variance ANOVA.....	26
3.2. méthodes statistique multivariées	26
3.2.1 Analyse en composante principale(ACP).....	26
3.2.2. Analyse hiérarchique ou classification hiérarchique.....	26
Résultats et discussion	
1. Diagnostic de cèdre de l'atlas dans la forêt de djebel ouahch	28
2. Description des données.....	30
3. Résultats des analyses statistiques univariées.....	31
3.1. Résultats de l'analyse de la variance(ANOVA).....	31
3.2 Résultats du test de STUDENT.....	32
4. Régression linéaire	33
5. Résultats des analyses statistiques multivariées.....	36
5.1 Résultats de l'ACP	36
5.2 analyse hiérarchique.....	39
Conclusion	41
Références bibliographiques.....	
Annexes	

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des cédraies en Algérie Echelle : 1/1000 000).

Figure 2 : Caractères botaniques.

Figure 3 : Aire de répartition du Cèdre de l'Atlas en Algérie sur Climagramm d'Emberger.

Figure 4 : Schéma général de dégradation des arbres forestier.

Figure 5 : schéma type d'organisation de la gestion forestière.

Figure 6 : Moyennes mensuelles des précipitations dans les différentes stations (station de référence : SC + les 2 stations de la zone d'étude S1 et S2).

Figure 7 : Moyennes mensuelles des températures dans les différentes stations (station de référence : SC + les 2 stations de la zone d'étude S1 et S2).

Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la station d'Ain El Bey.

Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la réserve biologique.

Figure 10 : Diagramme ombrothermique de Kef Lekhel.

Figure 11 : Climagramme d'Emberger

Figure 12 : Régression linéaire. Réserve biologique (P1 : A, B, C ; P2 : D, E, F ; P3 : G, H, I) Kef Lekhel (P4 : K, L, M).

Figure 13 : Les valeurs propres

Figure 14 : Représentation graphique des 4 points variables à l'intérieur du cercle de corrélation du le plan factoriel 1

Figure 15 : Représentation graphique des points individus dans le plan factoriel 1-2

Figure 16 : Dendrogramme du regroupement des 4 stations à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de pearson

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des cédraies Algériennes selon le climat.

Tableau 2 : Estimation de la superficie (ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie.

Tableau 3 : Caractères biologiques des espèces de Cèdre

Tableau 4 : les valeurs du quotient pluviométrique dans les stations étudiées

Tableau 5 : Description des stations d'inventaire.

Tableau 6 : Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés.

Tableau 7 : Etat actuel de cèdre de l'Atlas dans les différentes stations étudiées.

Tableau 8 : La moyenne et l'écart type et coefficient de variance de chacune des paramètres pour les différentes stations.

Tableau 9 : Les moyennes minimales et maximales de chacun variables étudiées.

Tableau 10 : Comparaison des moyennes de chacune des paramètres étudiées.

Tableau 11 : Les classes homogènes de chaque paramètre

Tableau 12 : Résultats du test de t STUDENT de la comparaison entre les stations

Tableau 13 : Résultats des corrélations entre les paramètres dendrométriques mesurés de cèdre de l'Atlas dans chaque station.

Tableau 14 : Résultats de l'ACP des trois axes à partir des 4 caractéristiques mesurées sur les 40 individus de cèdre de l'atlas.

Tableau 15 : Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 3 premières composantes principales, et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2 .

Tableau 16 : Valeurs des corrélations et corrélation carrées des individus avec les 3 premières composantes principales et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2.

INTRODUCTION

Introduction

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* Manetti) est une espèce endémique de l'Afrique du nord. C'est une essence qui a toujours suscité un intérêt important en raison de ses nombreuses qualités forestières : le maintien d'un équilibre biologique, sa faible inflammabilité, sa production de bois de qualité, un port remarquable et esthétique (Toth, 1978a ; M'hirit, 1982 ; Lanier, 1976), attrait touristique en forêt de plaisance etc...

Il est devenue la première essence de reboisement particulièrement dans les pays situés au nord de la méditerranée (Toth, 1980). En Algérie, les cédraies les plus importantes se trouvent dans l'Aurès. Cette espèce a une tolérance aux stress climatiques, ainsi qu'il donne les meilleurs résultats dans des sols meubles et profonds.

Le cèdre est une espèce majestueuse qui existe depuis des millénaires ; mais ces dernières décennies, sa pérennité a été mise en péril par des causes qui restent à ce jour inconnues avec certitude mais les spécialistes continuent à affiner les causes à l'origine du dépérissement qui touche ce « roi des forêts d'Aurès » qui n'a jamais connu une menace aussi sérieuse au paravent.

Le cèdre de la forêt de Djebel El Ouahch (Constantine) est actuellement en voie de dépérissement sous l'action d'une multitude de facteurs de détérioration (sécheresse récurrente, pâturage abusif, manque de traitement sylvicole) qui ne cessent de peser lourdement sur sa pérennité et induisant de fait une véritable pandémie écologique, un écocide lent.

Les dépérissements qui affectent le cèdre de cette forêt ces dernières années nécessiteraient qu'on s'y intéresse dans le but d'essayer de mettre en relief les facteurs de détérioration permettant d'élaborer une stratégie pour la préservation de ce patrimoine. Sachant que les arbres affectés font partie de la réserve biologique de Djebel El Ouahch; il est capital d'inscrire cette étude dans ce cadre afin de conforter la notion d'espèces menacées.

Le présent travail comporte trois parties :

- La première (synthèse bibliographique) donne un aperçu général sur le cèdre et les facteurs susceptibles de déclencher ou d'aggraver son dépérissement en Algérie.

- La deuxième (Matériel et méthodes) est consacrée à décrire le cèdre de l'Atlas, les stations d'étude, les techniques employées et les méthodes statistiques utilisées pour l'interprétation et le traitement des données.

- Dans la troisième partie, les résultats obtenus sont statistiquement analysés et discutés.

Et enfin, une conclusion permettant de tirer, synthétiser et expliquer les évolutions et les tendances dévoilées par les divers tests statistiques en fonction des données quantitatives des différentes caractéristiques dendrométriques étudiées.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique

La présence de *Cedrus atlantica* en Afrique du nord n'est pas récente. Il y est certainement établi depuis le Pléistocène moyen, voire inférieur. Cependant sa répartition ne fut pas toujours celle que nous connaissons actuellement. D'une manière générale, il semble que son ancienne aire naturelle, plus ou moins étendue en fonction des différents paléoclimats, montrait des frontières plus orientales (en Tunisie) et plus méridionales (dans le Haut Atlas) que les actuelles. En plus de cette migration longitudinale et latitudinale, on constate une variation altitudinale de l'arbre au cours du temps. Différents outils, comme les restes fossiles et la modélisation, permettent d'investiguer la paléobiogéographie du Cèdre (Chedadi, 2004). Pons *et al.* (1958) signalent aux pays du Maghreb, il a été identifié par le pollen dans le Hoggar, au Sud et au Nord-Ouest de la Tunisie, dans le Rif, le Moyen Atlas et le Haut Atlas Oriental (Maroc), montrant ainsi a vaste distribution des lointains ancêtres des cèdres (Nadjahi, 1988).

2. Situation actuelle du cèdre de l'Atlas

2.1. L'aire naturelle

L'aire naturelle du cèdre de l'Atlas est très disjointe. Il occupe les montagnes de l'Afrique du nord et plus précisément celles du Maroc et de l'Algérie (Figure 1). Le Maroc détient la plus grande superficie est estimée à 116 000 ha (M'hirit, 1994 et Messat, 1994) qui se localise dans deux régions bien distinctes : le Rif avec une superficie de 16 000 ha, le moyen et le grand Atlas avec 100 000 ha (Toth, 1980 ; Pradal in Boudjerda, 1990). En Algérie, l'aire du cèdre est très morcelée. Les peuplements les plus importants se rencontrent dans l'Aurès, mais d'autres cédraies colonisent les massifs montagneux de l'Ouarsenis, de l'Atlas mitidjien, des Babors et du Hodna (Abdessamed, 1981 ; Derridj, 1990 ; Benabid, 1993 ; M'hirit, 1994).

Les cédraies Algériennes se divisent en deux types :

- L'ensemble méridional adapté à la sécheresse
- L'ensemble septentrional adapté à l'humidité (Tableau1).

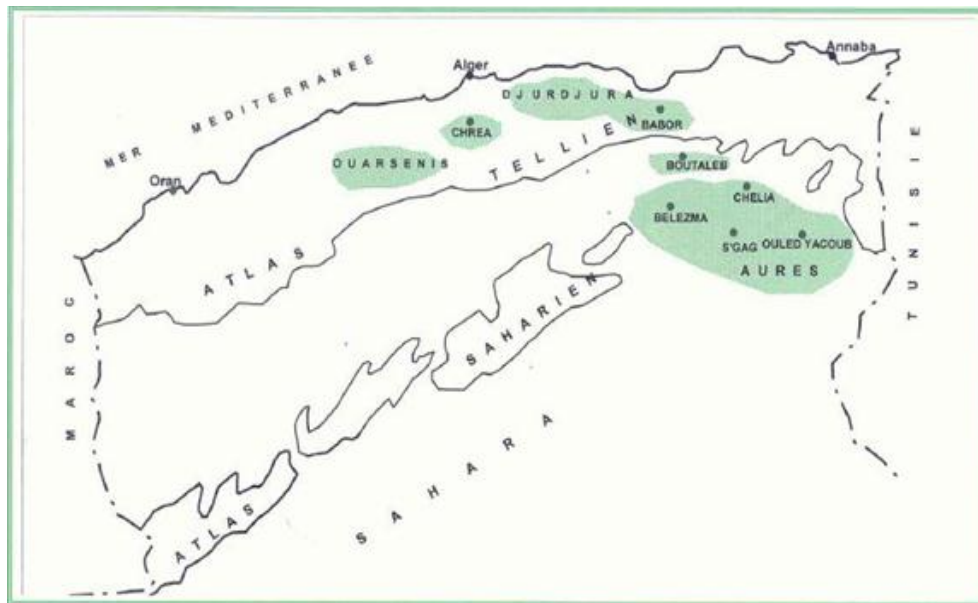


Figure 1. Répartition des cédraies en Algérie (Nedjahi et Harfouche, 2003)

Echelle : 1/1000 000).

Tableau 1: Répartition des cédraies Algériennes selon le climat Abdessemed (1981)

Type de cédraie	Région	Superficie (ha)
Cédraies sèches	Aurès	12022
	Hodna	8000
	Théniet el Had	1000
Cédraies humides	Babor	1300
	Djurdjura	1200
	Atlas Blideen	1000

Selon Abdessemed (1981) la surface totale de la cédraie algérienne est estimée à 23 254 ha, alors qu'elle est estimée à 24 522 ha (M'hirit, 1994); Harfouche et Nedjahi, 2003 ; Roche, 2006), dont plus de 1 260 ha est perdue (Tableau 2).

Tableau 2: Estimation de la superficie (ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie.

1955 (Boudy)	1995 (INRF)	2006 (DGF)
29.000 ha	23.000 ha	16.000 ha

2.2. L'aire d'introduire

Le cèdre de l'Atlas a été introduit depuis longtemps dans quelques pays du pourtour méditerranéen, tout d'abord dans les parcs et jardins, puis dans les reboisements forestiers.

- France

Son introduction remonte à 1862, sur les flancs du Mont Ventoux. Il couvre en France 10 000 ha.

- Italie

Le Cèdre de l'Atlas est également utilisé dans ce pays comme espèce de reboisement. Son introduction remonte au 19^{ème} siècle 1864.

- Bulgarie

Les premiers cèdres de Bulgarie y ont été plantés en 1890. Delkov et Grozev (1994).

Le cèdre a été introduit même en dehors des pays du pourtour méditerranéen (U.S.A) ; il est parfaitement adapté et fait actuellement l'objet de vastes projets le reboisement (Nedjahi, 1988).

3. Taxonomie

Emberger (1960 in Taleb, 2004) attribue au genre *Cedrus* la systématique suivante :

Embranchement : Spermaphytes

S/ Embranchement : Gymnospermes

Classe: Vectrices

Ordre : Coniférales

S/Ordre : Abiétales

Famille : Pinacées

Genre : *Cedrus*

Espèce: *Cedrus atlantica* Manetti.

Non français : Cèdre de l'Atlas

Nom berbère : Bignoun ou Ithguel

Nom Arabe: El Arz où Medded

C'est l'une des 4 espèces du genre *cedrus*, les autres sont :

- Le *Cedrus libanais* : il est au Liban à 1800 m où il occupe de petites zones et en Turquie où son aire est très vaste entre 1500 et 2000 m d'altitude.

- Le *Cedrus brevifolia*: dans l'île de Chypre sur une surface restreinte.

- Le *Cedrus deodora* représente les grands massifs de l'Inde et d'Afghanistan avec vastes étendues sur le nord-ouest de l'Himalaya entre 1350 et 3500 m d'altitude. Les caractères biologiques de ces différentes espèces sont repris au tableau 3.

Tableau 3. Caractères biologiques des espèces de Cèdre (Farjon, 1990 et Toht, 2005).

Espèces	<i>C. atlantica</i>	<i>C. libani</i>	<i>C. brevifolia</i>	<i>C. deodora</i>
Aiguilles (cm)	1 à 2.5	1 à 3.5	0.5 à 1.5	2 à 6
Cônes				
- longueur	5 à 8	8 à 12	5 à 10	7 à 13
- diamètres (cm)	3 à 5	3 à 6	3 à 6	5 à 9
Graine				
- longueur (cm)	0.8 à 1.3	1 à 1.4	0.8 à 1.4	1 à 1.5
- envergure (cm)	2.5 à 3.5	3.5 à 4	3 à 4	3.5 à 4.5
Pollinisation	Mi - septembre	mi - septembre	début septembre	début novembre
Durée de maturité	2 ans	2ans	2ans	1an

4. Caractères botaniques

- **L'arbre** : pouvant atteindre 50 m de haut à l'âge adulte dans les peuplements soit anciens en sol profond, soit serrés (Boudy, 1952).

- **Le port** : possède dans son jeune âge un port pyramidal, puis avec l'âge son port s'étale, pour prendre une forme tabulaire. Le fût du cèdre est rectiligne.

- **L'écorce** : lisse et brune quand l'arbre est jeune, puis petites écailles grises foncés, enfin crevasses sinueuses quand il est âgé.

- **Les feuilles** : sont des aiguilles en rosettes, leur longueur est comprise entre 1 et 2 cm de couleur verte ou glauque persistantes pendant trois années.

- **Le système racinaire** : est très développé, pivotant; (Toth, 1970). Les racines des plants d'une année sont comprises entre 14 et 20 cm (Toth, 1978).

- **Les organes reproducteurs** : le Cèdre est une essence monoïque, ses fleurs sont groupées en chatons mâles de forme ovoïde qui apparaissent à mi-juin. Les inflorescences femelles, de forme ovoïde également et de couleur vert- bleuâtre. Ces dernières sont plus petites et apparaissent trois mois après les chatons mâles.

- **Pollinisation** : s'effectue entre août et septembre par le vent.

- **Cycle de reproduction** : la production des graines jusqu'à leur dissémination, s'étale sur 3 années (Till, 1985). Il peut se résumer à :

- Année 1 : apparition des cônes, « floraison » et pollinisation.
- Année 2 : fécondation des ovules par les gamètes mâles et croissance des cônes.
- Année 3 : maturation des cônes et leur désarticulation, dissémination des graines.

- **La régénération** : s'installe rapidement et solidement sur les éboulis pourvus en éléments fins et sur les terrains ayant bénéficié d'un travail du sol (absence de concurrence herbacée). Les semis nécessitent néanmoins pour s'installer correctement l'absence de sécheresse les trois premiers mois de leur vie, et l'absence de stress hydrique sérieux les premières années. Doté d'un faible potentiel de régénération racinaire, sa reprise en plantation est extrêmement difficile. C'est pourquoi, on utilise systématiquement des plants en motte.

- **Fruit /cône** : La maturation dure de 2 à 3 ans.

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

- **Longévité** : sa longévité paraît fabuleuse dépasse certainement 600 à 700 ans, on lui attribue 1000 ans et plus (Chebouki, 1994 ; in abdessemad, 2009), il peut donner des graines fertiles jusqu' un âge avancé.

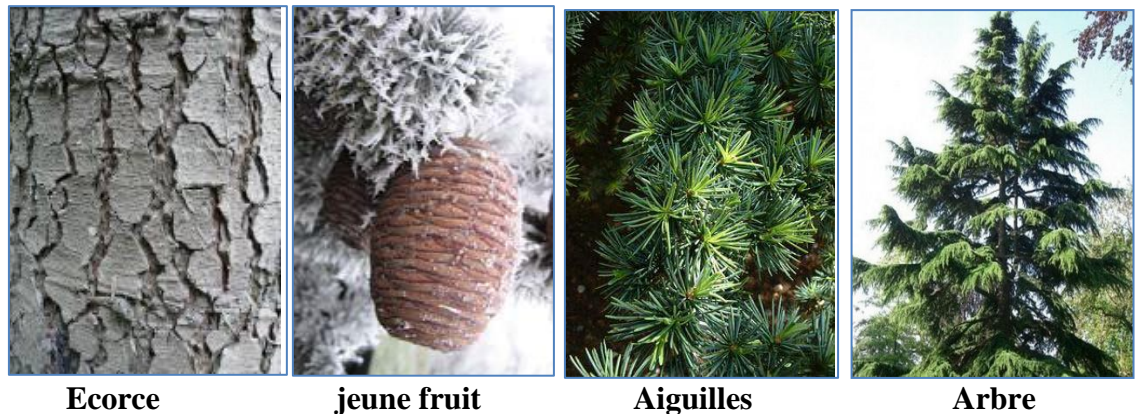


Figure 2 : Caractères botaniques

5. Ecologie du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas pourrait être considéré comme une essence de climat de transition; on peut la trouver dans les climats froids et humides, et les climats chauds et secs (Aussenac, 1984).

5.1. Etage bioclimatique :

Se trouve dans divers étages bioclimatiques

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

5.2. La pluviométrie

En Algérie les cédraies reçoivent une tranche pluviométrique variant de 500 mm à 1400 mm environ (Toth, 1980 ; Halimi, 1980). Selon Benabid (1994), cette dernière est largement dépassée, elle atteint 2000 mm au Maroc. Dans les cédraies sèches (Aurès, Belezma, Hodna) le Houerou (1975) donne 600 mm de précipitations comme limites inférieures.

5.3. La température

Le Cèdre est une essence sciaphile qui peut vivre entre -20 et +39 °C. Chez les jeunes plants, la diminution de la température en dessous de -2 °C s'accompagne par une diminution de la photosynthèse. En ce qui concerne les températures moyennes des minima du mois le plus froid, les cédraies peuvent tolérer des valeurs comprises entre « -1°C et -8°C » (Quezel, 1980. Benabid, 1994).). Par ailleurs le Houerou (1975) donne les valeurs suivantes pour les cédraies de l'Aurès, Belezma et Hodna « -2°C » caractérise la limite inférieure et « -5°C » Pour la limite supérieure.

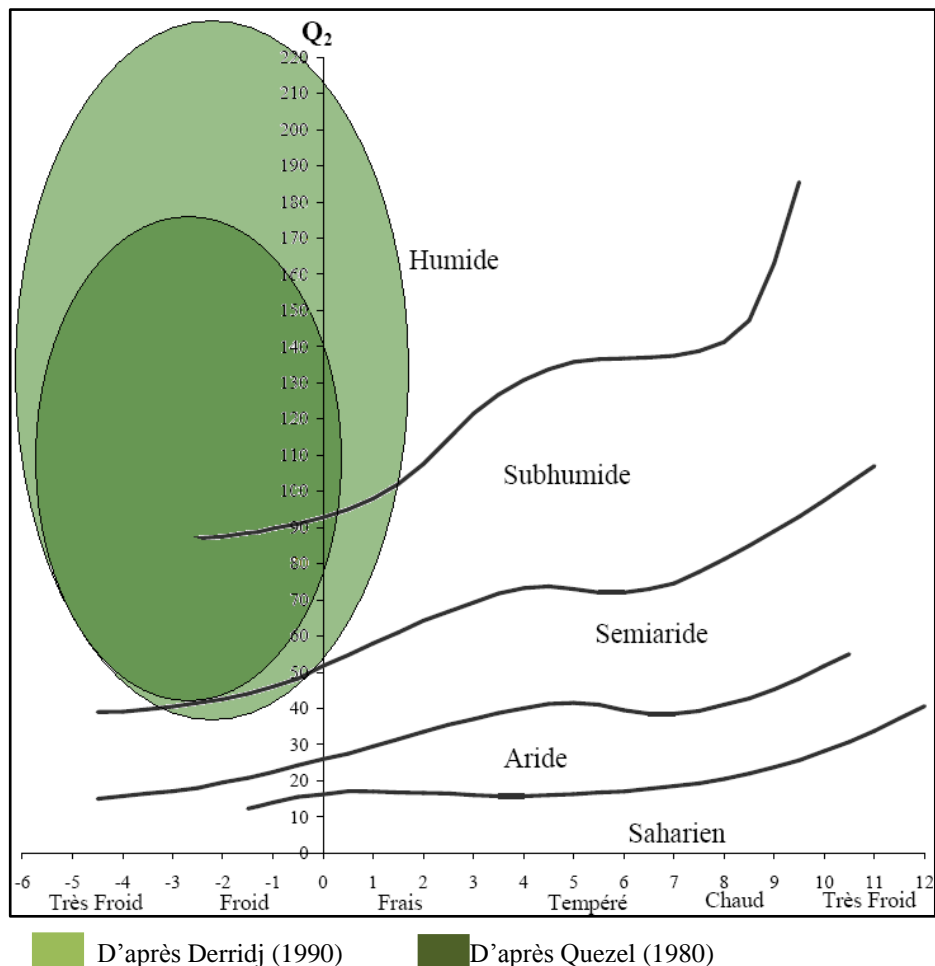


Figure3. Aire de répartition du Cèdre de l'Atlas en Algérie sur le Climagramme d'Emberger, 1991).

5.4. L'Altitude

Le Cèdre de l'Atlas est considéré comme une essence montagnarde. Aussenac et Guehl (1990) soulignent que le cèdre dans son aire d'origine pousse à des altitudes variant de 1400 à 2200 m, ses limites supérieures et inférieures diffèrent d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions climatiques du relief.

5.5. Le substrat

En Algérie, une grande part des cédraies se concentre sur des roches mères siliceuses et bien en moindre proportion sur roches calcaires (Boudy, 1950). Ainsi, le cèdre n'est pas totalement indifférent à la nature du substrat comme il est classiquement admis. A la lumière des résultats de Nedjahi (1994), les substrats marneux et calcaires sont défavorables à la bonne production ligneuse, par le fait que, les premiers sont lourds, très humides et se dessèchent rapidement par contre les seconds sont peu favorables à la rétention de l'eau. Ce même auteur rapporte que, la préférence du cèdre est pour le substrat dolomitique, basaltique, gréseux et schisteux.

5.6. L'exposition

En Algérie comme au Maroc, les vents humides sont de direction Nord-Ouest. Ainsi, les expositions faisant face à ces vents sont plus arrosées; elles portent les plus belles cédraies.

5.7. Association du cèdre de l'atlas

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

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

6. Importance économique du Cèdre

- Production d'un bois de qualité (bois d'œuvre) et en quantité importante : le bois de cèdre de l'Atlas a été prisé dès l'antiquité et beaucoup de grandes cités Marocaines comme Meknès, Fès, Marrakech, Tétouan, Rabat et Tanger l'ont utilisé pour la construction des Medersas, des

habitations (toitures, planchers, charpentes etc.) depuis plusieurs centaines d'années (Mouna, 1982) et pour la construction des voies ferroviaires en Algérie.

- Maintien d'un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol.
- Protection contre l'incendie (feuillage peu inflammable) (Alexandrian, 1992).
- Arbre de grande valeur esthétique.

- Huile essentielle : antiseptique aux vertus cicatrisantes, décongestionnant les voies respiratoires, tonifiant le cuir chevelu (comme antipelliculaire) ; résorbant la cellulite et répulsive pour les mites et les moustiques. Elle possède également des propriétés calmantes, relaxante, drainante et lymphotonique.

7. Le dépérissement

Le « dépérissement » est avant tout un terme symptomatologique qui traduit une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité des organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité des feuilles), et une diminution de la croissance. La mort d'un certain nombre d'individus n'est pas obligatoirement un signe de fatalité pour le peuplement, même si la situation est préoccupante (Delatour, 1990 et Nageleisen, 2006 in Le Meignen et Micas, 2008). Pour Badraoui et Assali (2007), en terme de symptomatologie, les dépérissements forestiers sont définis comme étant « des phénomènes causes par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière entraînant ainsi une détérioration générale et graduelle de la sante de l'arbre dont l'issue n'est pas toujours fatale.

Pour Manion (1981) in Ciesla (1993), ce sont des phénomènes complexes évolutifs qui résultant de «l'interaction de facteurs abiotiques et biotiques intervenant dans un ordre spécifique pour provoquer une détérioration générale progressive qui se solde souvent par la mort des arbres».

Ce phénomène touche aussi bien les espèces forestières que celles fruitières à noyaux (cas de l'abricotier dans la région de N'Gaous en Algérie).

7.1. Les symptômes du dépérissement

Les essences forestières sont confrontées aux diverses atteintes pathologiques. La description d'une telle maladie observée sur la plante-hôte nécessite impérativement des connaissances étiologiques préalables. Selon Lanier (1976), les symptômes sont les indicateurs les plus évidents des maladies. Ils jouent ainsi le premier rôle dans l'établissement du diagnostic. Un symptôme est une modification, dans l'aspect ou dans les manifestations d'un être vivant qui traduit un état maladif.

Le dépérissement des peuplements forestiers, peuvent être connu à travers les symptômes suivant, répartis dans trois groupes de phénomènes (Bonneau, 1986 in Adoui, 1991 ; Hartman, 1991).

- Les symptômes des feuillages

Ceux sont ceux qui apparaissent en premier car visibles, on y distingue quatre types :

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

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

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

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

- Les symptômes des bourgeons, des pousses et des rameaux

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

- Les symptômes des troncs et des branches

Chutes des branches, avec une décoloration. Des nécroses sur l'écorce. Ecoulement remarquable de mucilage, de gomme et même de la résine. Des renflements et des tumeurs chancreuses spécialement sur les feuillus. Un raccourcissement des branches maitresses portées directement par le tronc donnant à l'arbre un port triste, ce phénomène est remarqué surtout chez l'Epicéa c'est le (*lametta symptom*) des allemands.

- Autres symptômes sur les feuilles et les aiguilles

Les dégâts au niveau de différents massifs ont été élaborés et classés selon les pertes foliaires sur une échelle comme Celle de l'allemand Gunther (in Houamel ; 2012) qui a défini les dégâts en 5 repaires dans le tableau 5

Tableau 5 : les classes de dépérissement

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

8.2. Les facteurs du dépérissement

Selon l'ordre chronologique, les facteurs du dépérissement peuvent être catégorisés en trois grandes classes expriment les mécanismes et le fonctionnement du dépérissement

8.2.1. Les facteurs prédisposant

Les facteurs de prédisposition, ce sont des facteurs statiques agissant a long terme, qui rendre l'arbre sensibles à d'autres facteurs (ROY, 1998), il s'agit des facteurs environnementaux, (climat, sol, cortège floristique). Ainsi que la faible fertilité des sols ou la qualité du drainage, provoquant des carence en eaux pour l'arbre ce qui due à la fanaison des feuilles, ou des aiguilles, provoquant une difficulté physiologique au niveau de l'arbre, du fait de effet de la fonction photosynthétique dont dépend le métabolisme (Anonyme, 2008). Selon Pradal (1979), l'âge avancé des peuplements de cèdre serait un facteur de vulnérabilité, l'hostilité climatique de la région des Aurès constituerait alors un important facteur de stress pour ces derniers dont l'âge moyen se situe amour de 300 ans.

8.2.2. Les facteurs déclenchant

Les facteurs incitatifs, se caractérisent par la courte durée de son action, contrairement a sont effet ou stress qui est de forte intensité, dont leurs intervention est indépendante de l'état de santé de l'arbre (Anonyme, 2008). Donc l'addition de ces facteurs avec les facteurs prédisposant entrainant le déclenchement du dépérissement (ROY, 1998). Il s'agit de facteur abiotique comprenant les facteurs climatiques et leurs effets, les accidents climatiques (sécheresse, gel, pollution), (Muhlemann, 1994). Ils se caractérisent par deux perturbations histologiques, foliaires, et minérales, concernant surtout les éléments K, Ca, Mg et les altérations des cires epicuticulaires. Ceux-ci résulte principalement de l'action de l'ozone et du dépôt acide sur les aiguilles (Huttunen et Laine, 1983 in Adoui, 1991), cette hypothèse qui implique fortement la pollution atmosphérique (Garrec *et al*, 1989 in Adoui, 1991). Cheddadi (2004) observait déjà au Maroc, que certains peuplements situes en zone bien alimenté en eau présentaient des dégâts plus importants que ceux installés Sur sol superficiel. Il convient alors de faire la distinction entre une

sécheresse édaphique (liée en général aux propriétés physiques du substrat ; la capacité de rétention en eau en particulier) et une sécheresse climatique (induite par les facteurs climatiques défavorables: augmentation de la température moyenne estimée par les scientifiques du (climat research unit d'East englia), à un gain d'environ +0,7°c depuis 1830 dans l'hémisphère nord, diminution des précipitations...). Les facteurs biotiques comprenant les ravageurs primaires (insectes défoliateurs, certains scolytes, pucerons, chenilles,...), et des pathogènes primaire (armillaire, fomes, collybie, ...), agents de maladies foliaires (ROY, 1998).

8.2.3. Les facteurs aggravants

Ce sont des facteurs accessoires, l'installation de ces facteurs s'effectues spécialement sur les arbres affaiblis précédemment (Anonyme, 2008) leurs action est très nocive affectant la vigueur de l'arbre dont le résultat est souvent la mort de celui-ci, induisant des symptômes visibles et moine identifiables, considères souvent d'être à l'origine du dépérissement (Tremblay, 1999), comme elles font partie de la chaine trophique de décomposition (ROY, 1998) (Les champignons parasites, les pourridiés). Les observations faites in situ permettent de relever que les arbres malades et dépérissant présentent des invasions très importantes d'insectes phytophages dont la processionnaire du pin et celle du cèdre, les buprestes, les scolytes. Mais sont aussi sujets à des attaques fongiques. Par ailleurs le mauvais état du sol (tassement) et les pentes fortes s'opposent à une bonne constitution des réserves hydriques dans les sites de croissance du cèdre. Les systèmes radiculaires de bon nombre de sujets dépérissant sont en outre dénudés suite au décapage du sol par l'érosion hydrique, ce qui compromet sérieusement l'alimentation minérale de ces derniers.

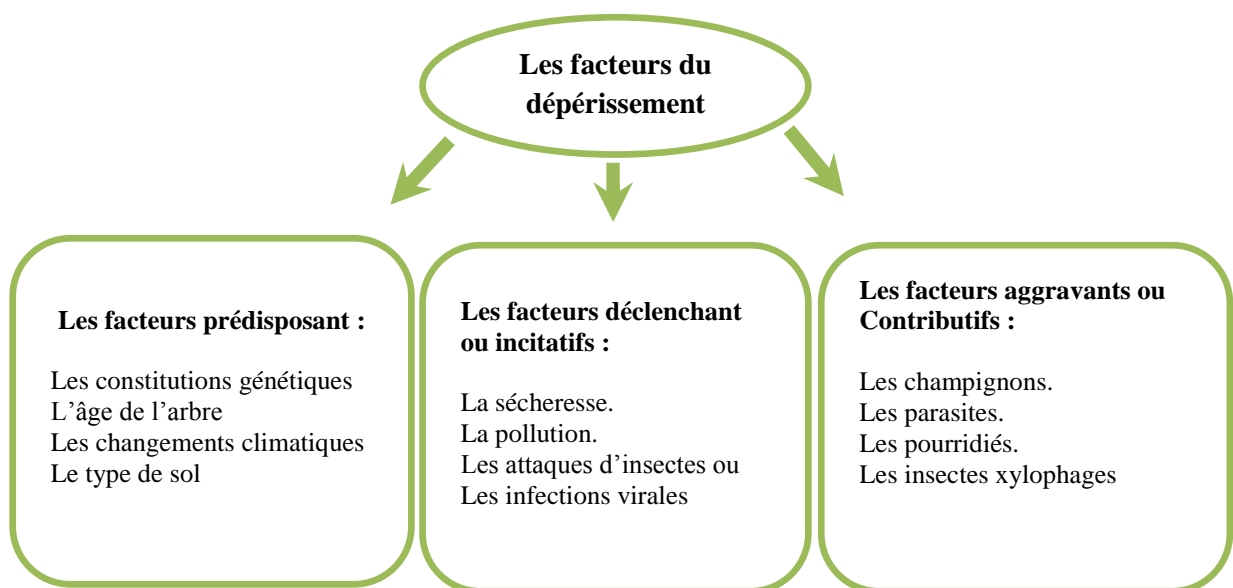


Figure 4 : Schéma général de dégradation des arbres forestiers (Manion, 1981).

8.3. Les types de dépérissement

Les types du dépérissement seront distingués selon leurs évolutions (Pujos, 1966 in Aitamara et Harrache, 2008). On distingue trois types :

- **Le dépérissement brusque** : Il apparaît pendant quelques semaines, se manifeste par un dessèchement des feuilles qui restent pendantes (sur leurs rameaux).

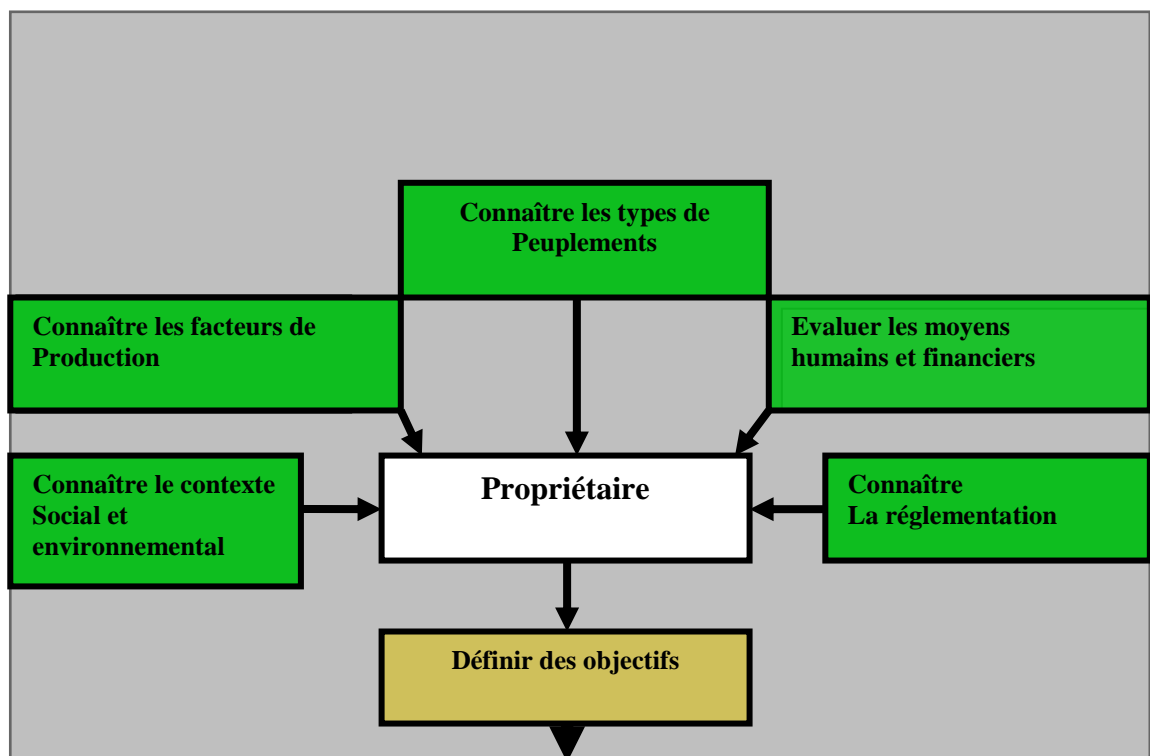
- **Le dépérissement rapide** : Il peut apparaître durant une ou deux années, et conduit à une mort brusque d'organes ciblés.

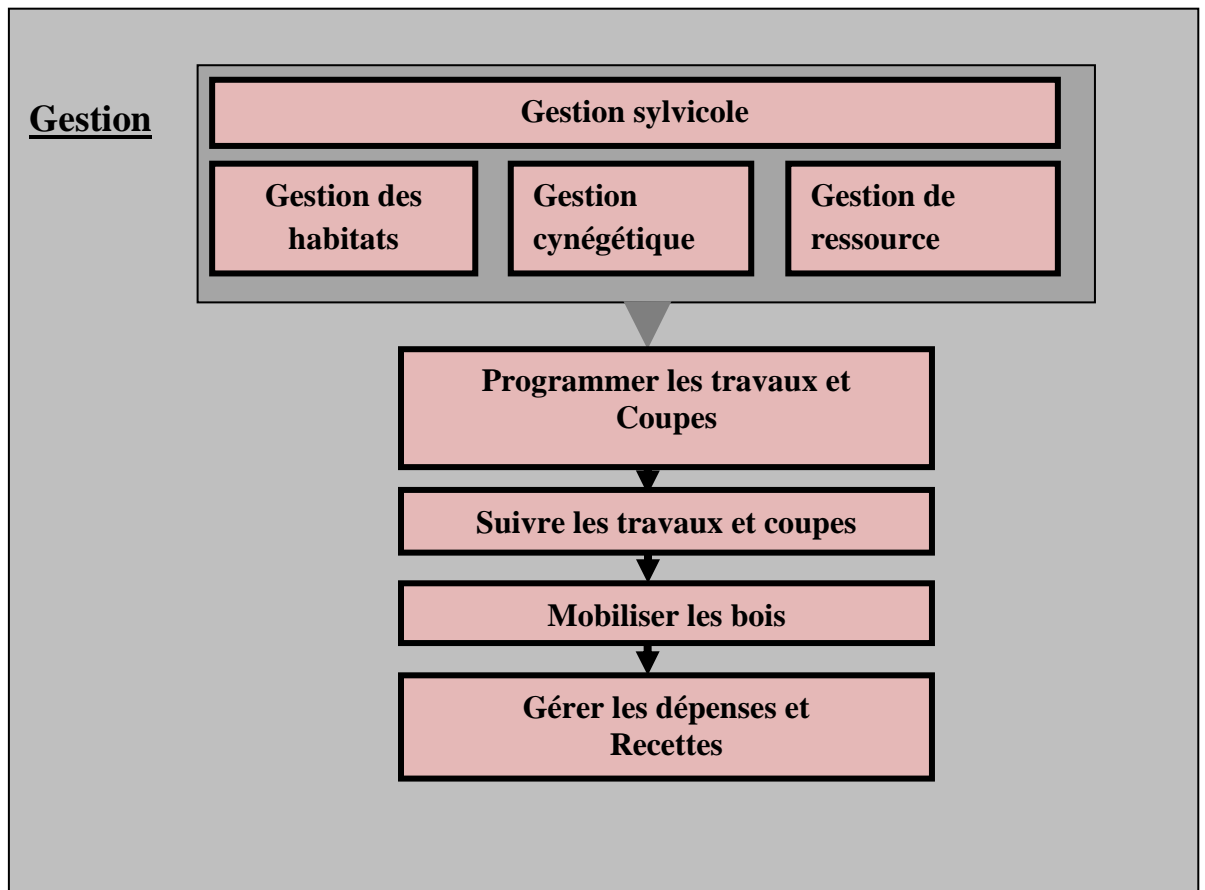
- **Le dépérissement lent** : Ce type apparaît pendant plusieurs années.

9. Définition du diagnostic

Le diagnostic est le processus d'évaluation d'un état de fonctionnement donné. Si cet état est comparé avec un état de référence, il s'agit d'évaluation de dérive de fonctionnement.

Le diagnostic devra avoir lieu en pleine saison de végétation pour favoriser l'identification des essences, des espèces végétales remarquables ou invasives et pour évaluer le dépérissement. Il sera réalisé de préférence entre fin avril et août. Si possible, le diagnostic sera réalisé sur une période suffisamment courte pour que les conditions d'observation soient homogènes. Donc, selon ce diagramme on peut le connaître les éléments de diagnostics (Pillon et Bourhis, 2006).



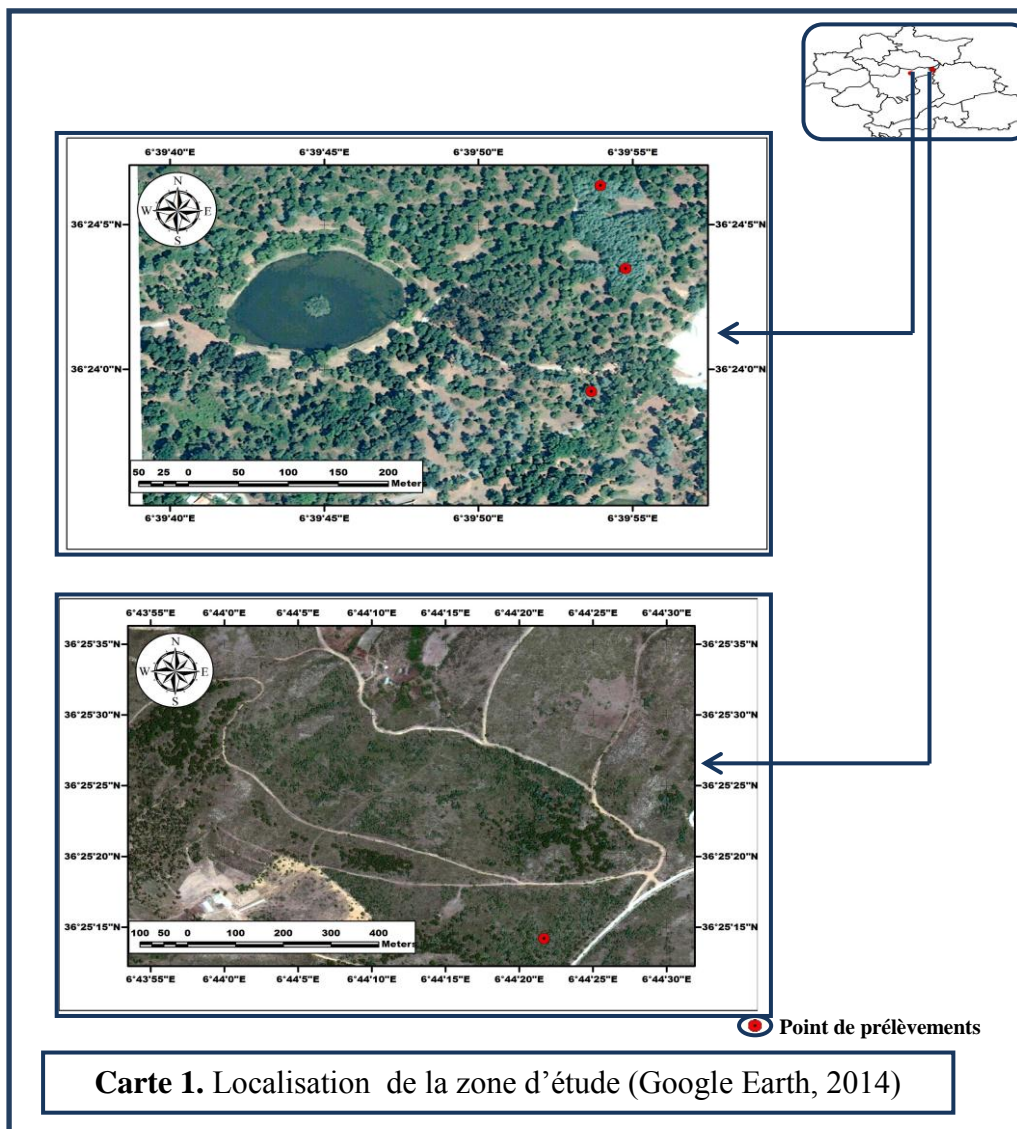


MATERIELS ET METHODES

1. Caractéristiques de la zone d'étude

1.1. Présentation de la zone d'étude

Notre zone d'étude est localisée à Djebel El Ouahch ; elle est située à 20km de la ville de Constantine. Elle est limitée au nord par la commune de Zighoud Youcef, au sud par la commune de Hamma Bouziane, à l'est par la commune de Didouche Mourad et à l'Ouest par Djebel Kellal. Elle est localisée entre la longitude ($X_1 : 6^{\circ} 39'4''E$, $X_2 : 6^{\circ} 44' 30''E$) et la latitude ($Y_1 : 36^{\circ} 24'5''N$, $Y_2 : 36^{\circ} 25' 15''N$) (Carte 1).



1.2. Pédologie

Les principaux types de sol rencontrés à Djebel El Ouahch sont :

- Les sols minéraux bruts
- Les sols peu évolués
- Les vertisols
- Les sols calsimagnésiques
- Les sols isohumiques.

1.3. Climat

L'étude du climat local nécessite des données climatiques de la zone d'étude. L'emplacement de la station de référence (Ain El Bey, Constantine) à une altitude différente de la zone d'étude, nous a amené à faire des corrections de température et de pluviométrie afin de nous rapprocher le plus du climat de cette zone. Les corrections sont effectuées sur deux sites qui font partie de notre zone d'étude.

- Point bas (Réserve biologique) : 950m
- Point haut (Kef Lekhel) : 1183m
- Le point de référence est pris à Ain El Bey : 694m

Les données climatiques ont été recueillies auprès des services météorologiques (station d'Ain El Bey, Merniz, 2008) pour une période allant de 1996-2006 (tableau 1, Annexe 1).

1.3.1. Corrections pluviométriques

Selon (Seltzer, 1946) pour une élévation de 100m les précipitations augmentent 40mm pour le continental. Les sites de notre étude appartiennent à la forêt de Djebel El Ouahch. Cette dernière est caractérisée par des variations d'altitude allant du 930 à 1183m. Notre choix est porté sur les sites où se trouve le cèdre et donc, on a pu localiser deux stations : (S1 : Réserve biologique à 950 m et S2 : Kef Lekhel à 1183 m). Le coefficient de correction est calculé pour les précipitations et les températures pour chaque station. Les résultats des précipitations estimés pour les points d'échantillonnage de la zone d'étude à partir de la station de référence, sont récapitulés dans le tableau 2 (Annexe I) et figure 6.

Pour les précipitations :

- On calcule d'abord la différence d'altitude ΔH
- On calcule la quantité des pluies $\Delta P = \Delta H \times 40 / 100$
- On calcule la pluviométrie annuelle de la station = $\Delta P + P$ de la station de référence
- On calcule le coefficient de correction = la pluviométrie annuelle de la station / la pluviométrie annuelle de la station de référence (Ain El Bey).

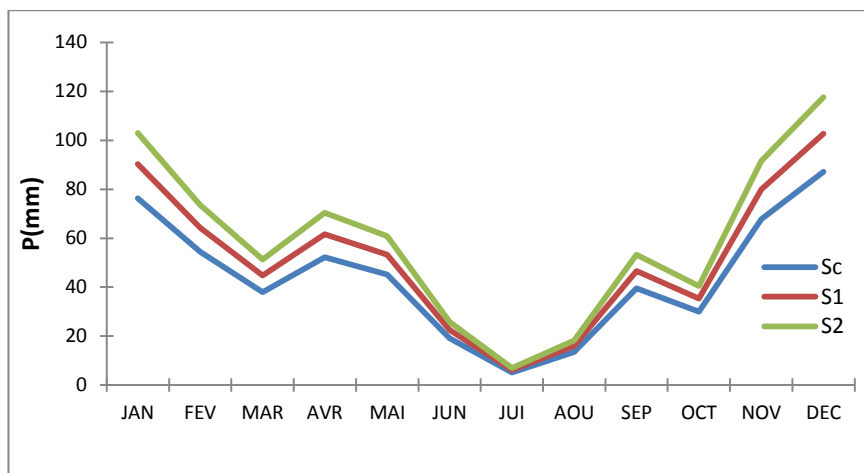


Figure 6. Moyennes mensuelles des précipitations dans les différentes stations (station de référence : Sc + les 2 stations de la zone d'étude S1 et S2).

1.3.2. Corrections thermiques

D'après les corrections qui ont été réalisées sur les gradients de (Seltzer, 1946), « M » diminue de 0.7°C tous les 100m d'élévation, et « m » diminue de 0.4°C pour 100 m de dénivelé. Les données thermiques après correction pour les deux stations d'étude sont représentées dans la figure 7 et le tableau 3 (annexe I).

Pour les 3 stations (Ain El Bey : station de référence et le deux stations d'étude S1 et S2), les données des températures montrent que le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température maximale qui est respectivement 34.8°C , 32.56°C et 31.28°C . La température minimale du mois le plus froid est enregistré au mois de janvier ; elle est de 2.3°C dans la station d'Ain El Bey. Elle varie de 1.46°C à 950 m jusqu'à 0.69°C à 1183 m.

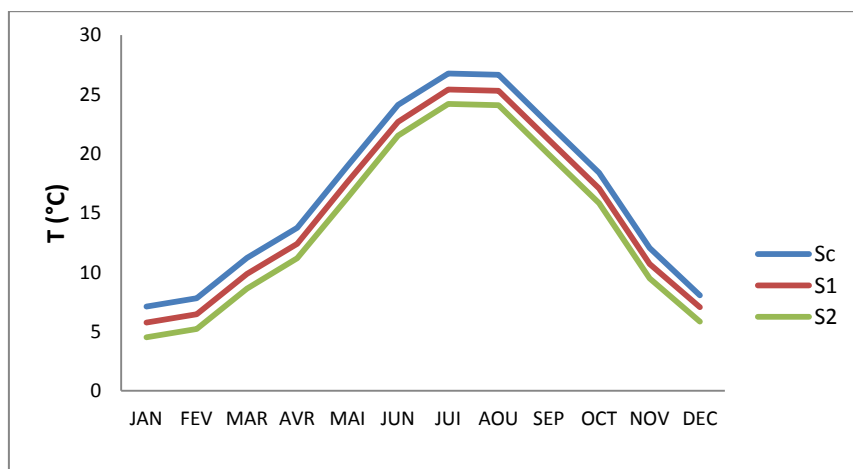


Figure 7. Moyennes mensuelles des températures dans les différentes stations (station de référence : Sc + les 2 stations de la zone d'étude S1 et S2).

1.3.3. Synthèse climatique

Les diagrammes ombrothermiques des stations (référence, station 1 et station 2) sont établis sur la base ($P=2T$).

L'analyse de ces diagrammes fait ressortir les observations suivantes :

- La période sèche s'étend de Mai à Octobre pour la station d'Ain El Bey (Figure 8).
- De Mai à septembre pour la réserve biologique (Figure 9).
- De Juin à septembre pour la station de Kef Lekhel (Figure 10).

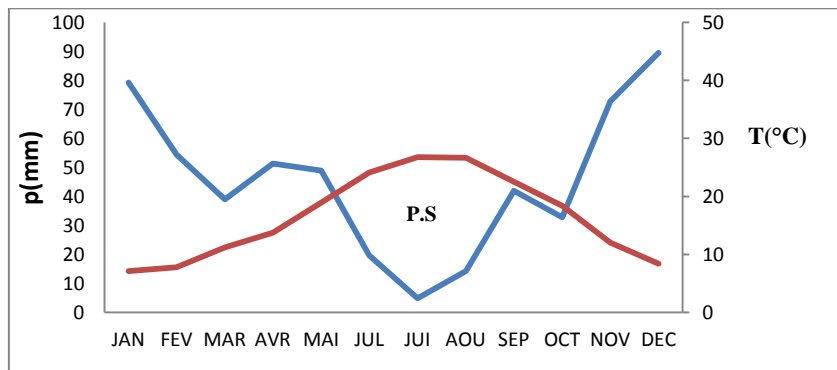


Figure 8. Diagramme ombrothermique de la station d'Ain El Bey.

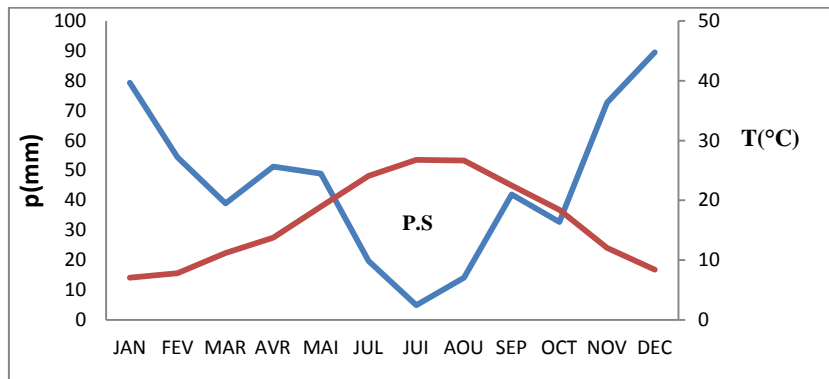


Figure 9. Diagramme ombrothermique de la réserve biologique.

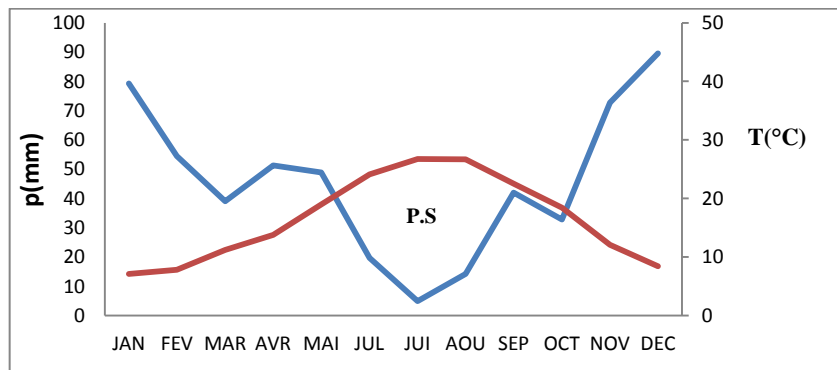


Figure 10. Diagramme ombrothermique de Kef Lekhel.

1.4. Détermination des étages bioclimatiques des différentes stations d'étude :

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Tableau 4), nous avons utilisé le climagramme pluviothermique de (Sauvage, 1963) qui combine les deux paramètres climatiques du quotient pluviothermique : $Q_2 = 3.43P/M-m$

Le Tableau 4 et la figure 11 regroupent successivement les principales valeurs du Q_2 et les étages bioclimatiques des stations étudiées.

Tableau 4 : les valeurs du quotient pluviothermique dans les stations étudiées.

Stations	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q_2	Ambiance bioclimatique
Ain El Bey (694 m)	528.3	34.8	2.3	55.75	Semi-aride supérieur à hiver frais.
Réserve biologique (950 m)	623.35	32.96	1.46	67.87	Sub humide moyen à hiver frais.
Kef Lekhel (1183m)	713.2	31.28	0.69	79.96	Sub humide à hiver frais.

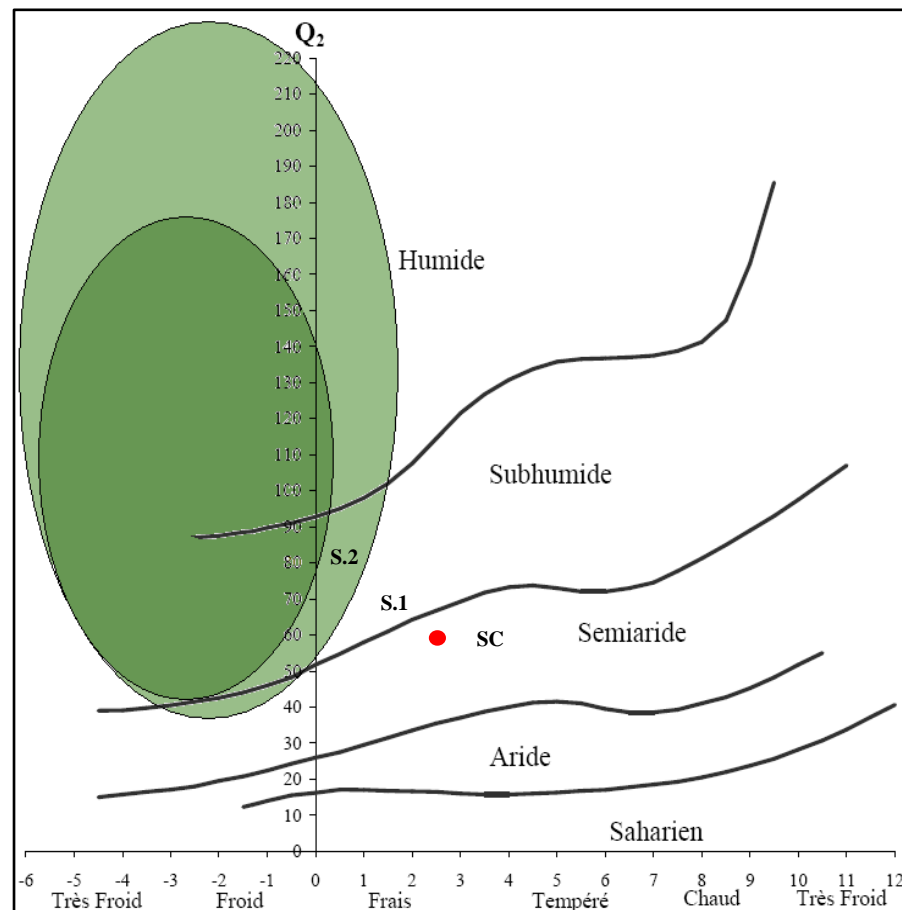


Figure 11. Climagramme d'Emberger (1991)

- : Station d'Ain El Bey (Constantine).
- S1 : Réserve biologique
- S2 : Station de kef Lekhel.

2. Choix des stations, échantillonnage et acquisition des données

2.1. Choix des stations

La forêt de Djebel El Ouahch est caractérisée par une variabilité topographique, édaphique, géologique et floristique. Cette multitude de facteurs physiques a créé de nombreuses conditions microclimatiques d'où une différence à l'échelle des peuplements.

Le choix des stations a été dicté par deux impératifs essentiels. D'une part, la station doit être homogène en terme de densité et se trouvant dans une « ambiance forestière » (Rathgeber *et al.* 2004). De ce fait, nous avons choisi des stations plus ou moins représentatives. Aussi, le site choisi doit pouvoir être appréhendé comme une station forestière, homogène sur les plans climatiques, édaphique, topographique et fournit une même production pendant la même période d'aménagement.

2.2. Méthode d'échantillonnage

La méthode choisie repose sur un échantillonnage subjectif orienté puisque le but de notre étude est le recensement des arbres sur pied selon la variation de l'altitude dans un même versant. Les prélèvements sont effectués sur trois sites au sein de la réserve biologique (P1, P2 et P3) et un site de Kef Lekhel (Tableau 5).

Tableau 5. Description des stations d'inventaire.

Station		Altitude (m)	Description
Réserve biologique	P1	930	Cèdre + sous-bois à faible densité (Diss ; Calycotome épineux, asphodèle, genévrier
	P2	940	Cèdre + quelques pieds de Sapin de Numidie
	P3	950	Cèdre + quelques pieds de Pin d'Alep
Kef Lekhel	P4	1183	Bouquet de cèdre de l'Atlas

2.3. Collecte des données dendrométriques

L'inventaire et la description des peuplements sont un préalable indispensable à toute démarche de gestion forestière et de planification sylvicole (Huart *et al.*, 2004). On s'intéresse à réaliser cet inventaire pour mettre en évidence la structure, la densité du peuplement et la différence du point de vue développement pour chaque station. Dans ce sens, la structure des peuplements est définie comme étant la manière avec laquelle sont agencées les variables dendrométriques d'un peuplement (Stewart et Roustide, 1974). L'inventaire pied par pied a été réalisé dans chacune des placettes. Les mesures dendrométriques réalisées sont :

- Le diamètre (D) à 1.30 m et estimé à l'aide du compas forestier ;

- Les circonférences (C) à 1.30 m estimés avec un ruban mètre ;
- La hauteur totale de l'arbre (H) mesurée à l'aide du « *Smartphone* » Cet appareil suédois est préconisé dans ce genre d'étude nécessitant un maximum de précision ; L'erreur admise est négligeable avec des lectures directes qui ne nécessitant aucun calcul. La précision de la mesure dépend de la qualité de l'inclinomètre de l'Android et de la stabilité avec laquelle l'appareil est tenu.
- La surface terrière d'un peuplement, correspond à la surface de toutes les sections transversales des troncs, à 1.30 m de hauteur, des arbres présents sur un hectare de forêt. Elle s'exprime en m²/ha.

Il y a lieu de signaler que toutes les caractéristiques étudiées ont été mesurées sur chacune de quatre stations de cèdre (soit 10 répétitions par caractéristique et par station). La matrice de données obtenues par site et de dimensions (n×p) avec 10 répétitions où n = 4 et p = 4 variables ou caractéristiques.

3. Méthodes d'analyse statistique

3.1. Statistique descriptive

Quant à l'analyse statistique, elle peut être décomposée en deux étapes, l'une déductive ou descriptive et l'autre inductive. La statistique descriptive a pour but de mesurer et de présenter les données observées d'une manière telle qu'on puisse en prendre connaissance aisément, par exemple sous la forme de tableaux ou de graphiques. Alors que l'inférence statistique permet d'étudier ou de généraliser dans certaines conditions les conclusions ainsi obtenues à l'aide de tests statistiques en prenant certains risques d'erreur qui sont mesurés en utilisant la théorie des probabilités. Ainsi donc nous présenterons les principales méthodes statistiques univariées et multivariées utilisées pour décrire et analyser les données en question.

3.1.1. Description des données

Donc, pour mieux décrire les différentes variables dendrométriques, qui caractérisent chacun des arbres étudiés, nous avons calculés certains paramètres statistiques de base tels que la moyennes arithmétique, qui est un paramètre de position et de tendance centrale, de l'écart-type qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, ces paramètres ont été calculés à l'aide du logiciel d'analyse Excel Stat (2010). Les paramètres utilisés sont représenté dans le tableau (6).

Tableau 6. Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés.

Catégories	Paramètres	Formule de calcul
Tendance centrale	Moyenne arithmétique	$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$
	Ecart type	$\sigma_X := \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2}$
Paramètres de dispersion	Coefficient de variance	$CV = \delta / \bar{x}$
	Variance	δ^2

3.1.2. Les équations de régression

Pour pouvoir les traiter, nous avons effectué des corrélations et des équations de régression par paire de paramètres mesurés. Nous avons corrélé tous les paramètres retenus :

- Hauteur / Circonférence ; Hauteur / Diamètre et Hauteur / Surface terrière

L'équation de régression « $y=ax+b$ » a été utilisée pour représenter toutes les corrélations possibles.

Le coefficient de corrélation indique dans quelle mesure la relation, si elle existe, peut être représentée par une droite (Demelon, 1968).

Le coefficient de détermination (R^2) : est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire, simple ou multiple. D'une valeur comprise entre 0 et 1, il mesure l'adéquation entre le modèle et les données observées. Certes, le R^2 a ses imperfections, mais son utilité n'a d'égale que sa simplicité. Le (R^2) se définit comme la part de variance expliquée par rapport à la variance totale.

La représentation graphique des résultats met en évidence le degré de liaison qui peut exister entre deux caractères afin de pouvoir analyser leur corrélation.

3.1.3. Le test t de STUDENT pour échantillons indépendants

Le test t de STUDENT consiste à comparer les moyennes de deux populations à l'aide des données de deux échantillons indépendants (Dagnelie, 1999). Ce test a été utilisé pour comparer les moyennes de chaque caractéristique étudiée au niveau de quatre sites. La réalisation du test t de STUDENT a été faite soit en comparant la valeur de t observée (t_{obs}) avec la valeur théorique $t_{1-\alpha/2}$ à partir de la table statistique t de STUDENT pour un niveau de signification $\alpha=0.05$ et pour un certain nombre de degrés de liberté (ddl), soit en comparant la valeur de la probabilité p avec le niveau de signification $\alpha = 0.05$. Dans le premier cas on considère qu'il existe des

différences significatives entre les deux moyennes si la quantité t_{obs} était supérieure ou égale à la valeur $t_{1-\alpha/2}$, et dans le deuxième cas on considère qu'il existe des différences significatives si la valeur de p était inférieure ou égale à la valeur $\alpha = 0.05$.

3.1.4. Analyse de la variance ANOVA

Le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants (Dagnelie, 2007). La réalisation du test se fait soit en comparant la valeur de F_{obs} avec une valeur théorique $F_{1-\alpha}$ extraite à partir de la table F de FISHER pour un niveau de signification $\alpha = 0.05$; 0.01 ou 0.001 et pour K_1 et K_2 degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs de $\alpha = 5\%$, 1% ou 0.1%. Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha = 0.05$; 0.01 ou 0.001, on dit conventionnellement que l'écart observé est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un, deux ou trois astérisques (étoiles) (Dagnelie, 2007). Ce test a été utilisé pour comparer, entre les stations, les moyennes de chacune des 4 caractéristiques obtenues du cèdre.

3.2. Méthodes statistiques multivariées

3.2.1. Analyse en composantes principale (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive.

L'analyse de la variance permet de déceler des différences significatives entre groupes, mais elle est incapable de préciser quels groupes ont une affinité entre eux. Cette problématique peut être résolue par une analyse en composantes principales, elle est utilisée pour la détermination d'éventuels groupes homogènes pour les stations étudiées ainsi que pour étudier les corrélations entre les variables d'une part et avec les mesures effectuées d'autre part.

3.2.2. Analyse hiérarchique ou classification hiérarchique

La recherche de groupes ou de classes de variétés homogènes peut également se faire par ce qu'on appelle la classification hiérarchique ; cette méthode permet de déterminer le niveau de similitude ou de divergence entre les individus ou variétés et donne une répartition des individus ou variétés en groupes ou classe homogènes, ainsi est une méthode hiérarchique agglomérative qui utilise la procédure du liens simple et la distance carré de Pearson (Coefficient de corrélation de Pearson : il mesure à quel point 2 variables sont corrélées en cherchant les corrélations linéaires) pour classifier les variétés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussion

Ce dernier chapitre est essentiellement consacré à la présentation et la discussion des différents résultats obtenus par les différentes méthodes statistiques. Nous commencerons par les résultats de la description des données puis nous examinerons les résultats des analyses univariées à savoir les résultats du test t Student et de l'analyse de la variance, et enfin nous analyserons²¹

successivement les méthodes statistiques multivariées, notamment l'analyse en composante principales et l'analyse hiérarchique.

1. Diagnostic de cèdre de l'Atlas dans la forêt de Djebel El Ouahch

Les mesures des paramètres dendrométriques de *Cedrus atlantica* sont présentées dans le tableau 4 (annexe I). Selon les résultats obtenus, on déduit que les moyennes des circonférences et les diamètres varient successivement entre 35 et 250cm et 19 et 182cm où la valeur maximale est observée dans la réserve biologique (P1) alors que la valeur minimale est obtenue à Kef Lekhel (P4).

Quant aux hauteurs totales, le tableau récapitulatif montre de grandes dissimilarités des hauteurs moyenne des 4 stations, elles sont comprises entre 29.8m qui observée dans la réserve biologique (P2) et 4.2m à Kef Lekhel (P4). Les moyennes de la surface terrière varient entre 0.03m²/ha à Kef Lekhel (P4) à 2.72 m²/ha à la réserve biologique (P2).

La station 4 (Kef Lekhel) se discrimine par des valeurs les plus faibles, elle renferme le plus jeune peuplement. En revanche, la station P2 (réserve biologique) se caractérise par les valeurs les plus élevées. Les données disponibles ne nous permettent pas de se prononcer sur l'origine de cette différence de croissance.

L'inventaire des sujets de cèdre de l'Atlas de la réserve biologique (3 stations : P1, P2 et P3) et Kef Lekhel (P4) est présenté dans le Tableau 7.

On remarque que dans les trois premières stations, le cèdre est âgé (environ 108 ans) par rapport à celui de Kef Lekhel qui paraît plus jeune. Le dépérissement total a touché 6 sujets au niveau de la réserve biologique et 22 autres sont touchés par un dépérissement partiel. Ce dépérissement indique que l'espèce commence à souffrir dans la forêt de Djebel El Ouahch où les conditions sont peut-être devenues défavorables (le surpâturage, l'action anthropique, le manque de travaux sylvicoles, sécheresse...).

Tableau 7. Etat actuel de cèdre de l'Atlas dans les différentes stations étudiées.

Station	Sujets sains	En voie de dépérissement	Dépérissement	Anomalies	Coupes	Nombre des sujets	Total
P1 (près de 1 ^{er} lac)	56	9	2	3	39	70	474
P2 (terrain accidenté)	86	5	1	4	31	96	
P3 (près de 2 ^{ème} lac)	295	8	3	2	32	308	
P4 (Kef Lekhel)	582	-	-	18	-	600	600

Le principal facteur mis en cause sur lequel il y a consensus est le changement climatique qui tend à accentuer la forte baisse des précipitations entre autre dans les régions concernés par le dessèchement du cèdre et la perturbation de leur répartition, ainsi que l'augmentation des températures et les vents chauds et secs provenant du Sahara (Sirocco). Ces deux dernières décennies se caractérisent par des sécheresses atmosphériques et édaphiques de plus en plus fréquentes et excessives. Cette situation a eu pour conséquence une diminution sévère des ressources en eau des sols, estimée en basse altitude (1600-1800m) dans les stations d'Ouled Yagoub et de Chelia, à moins de 40% de la réserve utile. Selon Zine El Abidine (2003), cette sécheresse édaphique peut s'étendre sur 4 à 7 mois (Entre avril et juillet et octobre et novembre selon les stations).

Ces sécheresses sont d'autant plus graves qu'elles coïncident avec la période la plus active du cèdre de l'Atlas (Finkelstein, 1981 et Aussenac *et al.* 1981 ; Bentouati, 2008), et déstabilisent le fonctionnement de plusieurs paramètres de l'arbre et de son environnement. Ces stress répétés et durables réduisent le fonctionnement physiologique de l'arbre (fermeture des stomates, diminution de la photosynthèse) sur plusieurs mois et années successifs, conduisant graduellement l'affaiblissement irréversible de l'arbre et finalement à sa mort (Ducrey, 1994 ; Halitim, 2006). Cette situation est d'autant plus probable qu'elle concorde avec les résultats de Ducrey (1994), qui a montré qu'un stress hydrique d'origine édaphique ou atmosphérique affecte en premier lieu la photosynthèse mesophyllienne et précise que le cèdre de l'Atlas ne contrôle pas très efficacement ses pertes en eau et son adaptation à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospecter rapidement le sol en profondeur par ailleurs, Toth (1988 et 1990), a observé que la croissance du cèdre est fortement et positivement liée aux précipitations de mai à juillet et surtout de mars à août. Ce résultat est aussi celui de Ducrey (1994), qui a remarqué que la croissance en hauteur et en diamètre du cèdre de l'Atlas est corrélée positivement aux précipitations de l'automne et à celles du début et de fin d'été. Outre la sécheresse considéré

comme le principal élément déclenchant, plusieurs autres facteurs plus ou moins contraignants, dits prédisposant ou aggravants sont mis en cause, il s'agit de : l'activité humaine (pâturage excessif du sous-bois et tassement du sol favorisant l'érosion hydrique responsable du déchaussement des arbres, Incendies, écimages, ébranchages et coupes illicites) qui introduit des facteurs contribuant à l'affaiblissement des arbres et les rendent plus vulnérables à la sécheresse.

2. Description des données

Le tableau (8) présente la moyenne plus ou moins l'écart-type et le coefficient de la variance calculés pour chacune des 4 paramètres mesurés sur les 40 individus de cèdre de l'Atlas qui ont été regroupés en 4 stations ; ces résultats permettent d'observer la variation de la moyenne de chacune des 4 variables pour les différentes stations étudiées.

Dans toutes les stations et pour tous les paramètres dendrométriques, les valeurs du coefficient de variation observées sont sensiblement faibles (0.09-0.22) sauf sur le paramètre de surface terrière et dans tous les stations sont fortes (0.32-0.66), cela traduit une dispersion insignifiante des mesures autour de leur moyenne à l'intérieur de la station.

Tableau 8. La moyenne et l'écart type et coefficient de variance de chacune des paramètres pour les différentes stations.

Station	H (m)			D (m)			C (m)			ST (m ² /ha)		
	\bar{x}	δ	cv	\bar{x}	δ	Cv	\bar{x}	δ	cv	\bar{x}	δ	cv
P1	23.48	3.15	0.13	0.65	0.11	0.16	2.06	0.33	0.16	0.34	0.11	0.32
P2	28.09	2.69	0.09	1.82	0.4	0.21	0.57	0.13	0.22	2.72	1.26	0.46
P3	16.19	2.00	0.12	0.32	0.07	0.21	1,04	0.23	0.22	0,09	0.04	0.44
P4	6,82	1.62	0.23	0,19	0.06	0.31	0,60	0.19	0.31	0,03	0.02	0.66

Le tableau 9 synthétise les résultats de la description en présentant uniquement les moyennes minimale (\bar{x}_{\min}) et maximale (\bar{x}_{\max}), ces deux valeurs extrêmes donnent une idée sur l'étendue des moyennes par variable étudiée sur les 40 individus de cèdre de l'Atlas appartenant aux quatre sites étudiées.

Tableau 9. Les moyennes minimales et maximales de chacun variables étudiées

Moyennes extrêmes	Paramètres mesurés	P1	P2	P3	P4
\bar{x} min	Hauteur	18.3	25	13.2	4.2
	Diamètre	0.45	1.26	0.2	0.08
	circonférence	1.42	0.39	0.62	0.25
	Surface terrière	0.16	1.25	0.03	0.01
\bar{x} max	Hauteur	30	32	18.8	32
	Diamètre	0.8	2.7	0.44	0.29
	circonférence	2.5	0.83	1.37	0.9
	Surface terrière	0.5	5.72	0.15	0.07

3. Résultats des analyses statistiques univariées

3.1. Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA)

L'analyse de la variance à un facteur de classification a été réalisé pour vérifier l'hypothèse d'égalité des hauteurs, des diamètres, des circonférences et de surfaces terrières au niveau de significativité $\alpha = 0.05$

La comparaison entre les 10 d'individus de cèdre de l'Atlas dans chaque station, des valeurs moyennes de chacune des caractéristiques étudiées a été effectué à l'aide du test d'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification modèle fixe, les résultats du test statistique sont synthétisés dans le tableau 10.

Tableau 10. Comparaison des moyennes de chacune des paramètres étudiées.

Variable	ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Hauteur	3	2584.429	861.476	145.131	0.000***
Diamètre	3	16.565	5.522	121.423	0.000***
Circonférence	3	14.393	4.798	88.516	0.000***
Surface terrière	3	50.076	16.692	41.831	0.000***

ddl = nombre de degrés de liberté

SCE =somme des carrés des écarts

CM = carré moyen

F_{obs}=valeur observée de la variable de Fisher

P = probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

L'observation du tableau 11 montre que la variabilité des circonférences et des diamètres des tiges indique un très haut niveau de significativité et par l'application du test Tukey chaque paramètre regroupe en classe homogènes.

Tableau11. Les classes homogènes de chaque paramètre.

	Hauteur	Diamètre	Circonférence	Surface terrière
P1	A	A	A	A
P2	B	B	B	B
P3	C	C	C	B
P4	D	C	C	B

3.2. Résultats du test t de Student

L'examen du tableau 12 en question montre que pour chaque variable, il existe certaines variétés qui présentent des différences significatives à très hautement significatives entre les 4 sites.

Donc, en générale on constate qu'il existe une variation spatiale pour certaines caractéristiques et ceci quelque soit la caractéristique prise en considération et quelque soit la station.

Tableau 12. Résultats du test de t Student de la comparaison entre les stations

Caractéristique	N.S	S	H.S	T.H.S
Hauteur			S1-S2	S1-S3-S4 S2-S3-S4 S2-S4
diamètre				S1-S2-S3 -S4
circonférence		S2-S4		S1-S2-S3-S4 S2- S3 S3-S4
Surface terrière				S1-S2-S3 -S4 S2-S3-S4 S2 -S4

N.B :N.S = des différences non significatives entre les stations pour les paramètres citées

S =des différences significatives entre les stations pour les paramètres citées

H.S=des différences hautement significatives entre les stations pour les paramètres citées

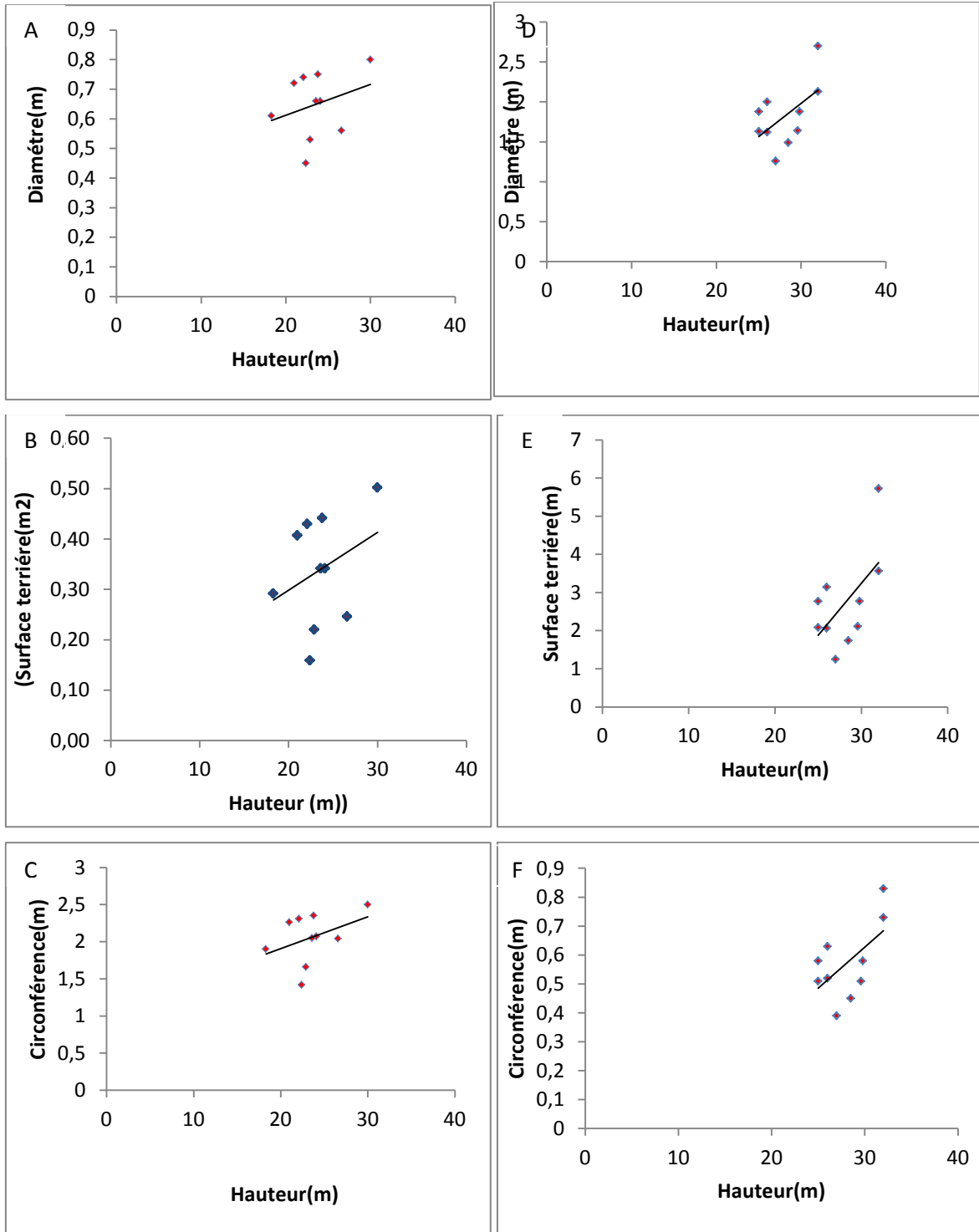
T.H.S=des différences très hautement significatives entre les stations pour les paramètres citées

4. Régression linéaire

D'après le résultat analytique obtenu de l'espèce (*cedrus atlantica*), et les corrélations obtenues entre les paramètres dendrométriques étudiés sont significantes, pour hauteur/diamètre, hauteur /circonférence, hauteur/surface terrière où on remarque aussi que les corrélations entre les couples dans la station 4 est très hautement significatif ($r=0.84$ pour hauteur/diamètre ; $r=0.85$ pour hauteur/circonférence ; $r=0.82$ pour hauteur/surface terrière). Pour ces fortes coefficients de corrélation, on peut expliquer cela par une stabilisation considérable de la morphologie pour chaque sujet dans la station d'échantillonnage (Tableau 13).

Tableau 13. Résultats des corrélations entre les paramètres dendrométriques mesurés de cèdre de l'Atlas dans chaque station.

Station1			
Les mesures	Equation de régression	R2	Coefficient de corrélation "r"
Hauteur/diamètre	$Y=0.0105X+0.4026$	8.87%	0.29
Hauteur/circonférence	$Y=0.0428X+1.051$	16.73%	0.40
Hauteur/surface terrière	$Y=0.0115X+0.0688$	10.93%	0.33
Station 2			
Les mesures	Equation de régression	R2	Coefficient de corrélation "r"
Hauteur/diamètre	$Y=0.0832X-0.5127$	31.17%	0.55
Hauteur/circonférence	$Y=0.0285X-0.2266$	34.31%	0.59
Hauteur/surface terrière	$Y=0.2725X-4.9323$	33.87%	0.58
Station 3			
Les mesures	Equation de régression	R2	Coefficient de corrélation "r"
Hauteur/diamètre	$Y=0.021X-0.0169$	31.54%	0.32
Hauteur/circonférence	$Y=0.0567X+0.1192$	23.61%	0.48
Hauteur/surface terrière	$Y=0.0106X-0.0856$	29.93%	0.54
Station 4			
Les mesures	Equation de régression	R2	Coefficient de corrélation "r"
Hauteur/diamètre	$Y=0.0329X-0.0332$	70.86%	0.84
Hauteur/circonférence	$Y=0.1013X-0.0889$	72.92%	0.85
Hauteur/surface terrière	$Y=0.0092X-0.0313$	67.13%	0.82



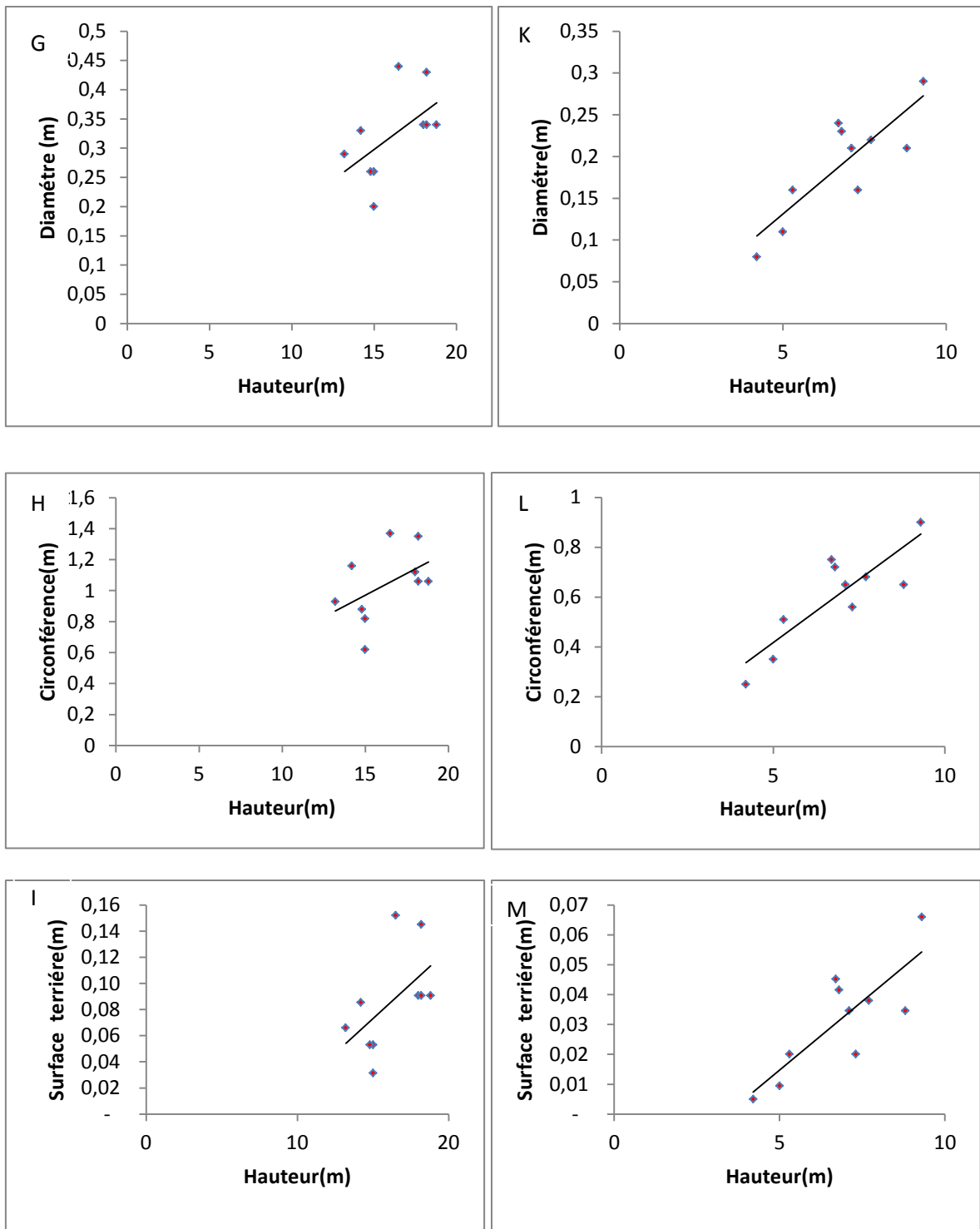


Figure 12. Régression linéaire. Réserve biologique (P1 : A,B, C ; P2 : D, E, F ; P3 : G, H, I) et KefLekhel (P4 : K,L,M).

5. Résultats des analyses statistiques multivariées

5.1. Résultats de l'ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 4 variables centrées réduites, sur les 4 stations reprises deux à deux ; les calculs réalisés avec le logiciel Excel Stat (2010) donnent les caractéristiques des 3 axes principaux. On voit bien dans le tableau (14) que le premier axe explique à lui seul 68.5, soit à la contribution moyenne des différentes variables c'est-à-dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres, ont été retenues.

Ces axes retenus servent par la suite à l'étude de la distribution des individus et des paramètres mesurés dans des plans à deux dimensions. Dans ce cas le tableau 14 donne les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des trois axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés ; on voit bien que le premier axe explique à lui seul 68.510% de la variation totale des variables initiales, les deux premiers axes expliquent ensemble 99.913% , les trois premiers axes expliquent 100%, donc ces trois axes résument au mieux l'information apportée par les 4 paramètres dendrométriques.

Tableau 14. Résultats de l'ACP des trois axes à partir des 4 caractéristiques mesurées sur les 40 individus de cèdre de l'atlas.

Paramètres statistique	CP1	CP2	CP3
Valeur propre	2.740	1.232	0.027
Pourcentage variance%	68.510	30.809	0.681
Pourcentage cumulé%	68.510	99.319	100.0

CP1 : premier axe principal

CP2 :deuxième axe principal

CP3 :troisième axe principal

Le logiciel Excel Stat fournit également, en figure 13 le graphique des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes principales. Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.

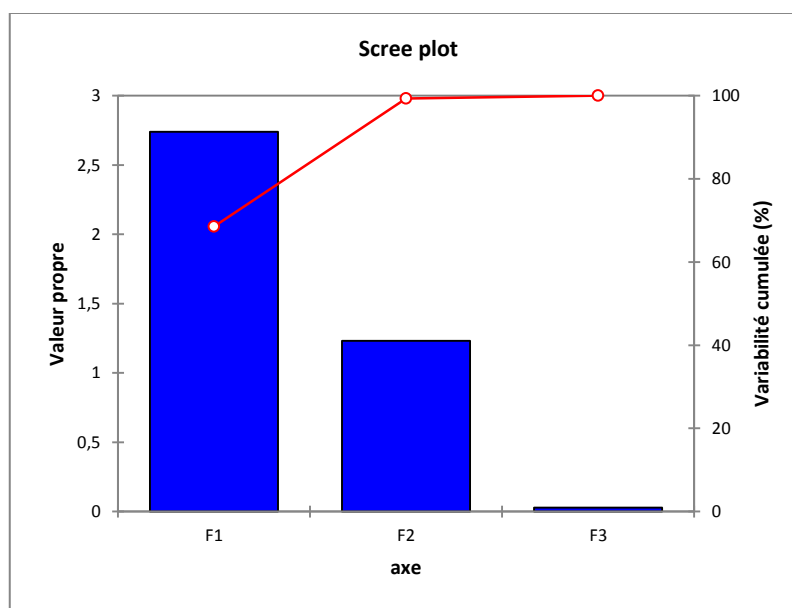


Figure 13. Les valeurs propres

Selon le tableau 15 et la figure14 tous les paramètres sont fortes corrélés entre eux (98.6% ; 99.6% ; 99.5 ; 99.7) mais [la hauteur (H) et le diamètre (DM) et la surface terriers (ST)] sont corrélés positivement c'est-à-dire lorsque la hauteur augmente les autres paramètres seront augmentées, par contre la circonférence des cédraies est corrélé négativement avec la hauteur, cela dépend de la densité du peuplement et la concurrence qui existent entre les essences pour but de chercher la lumière.

Tableau 15. Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 3 premières composantes principales, et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2

variable	Axes principaux						
	CP1		CP2		CP3		Plan factoriel 1-2
	Corr	Corr ² %	Corr	Corr ² %	Corr	Corr ² %	Corr%
Hauteur	0.864	27.211	0.490	19.459	0.120	53.215	98.6
diamètre	0.997	36.301	-0.036	0.105	-0.062	14.343	99.6
circonférence	-0.202	1.488	0.977	77.390	-0.074	20.181	99.5
Surface terrière	0.979	35.000	-0.194	3.045	-0.058	12.260	99.7

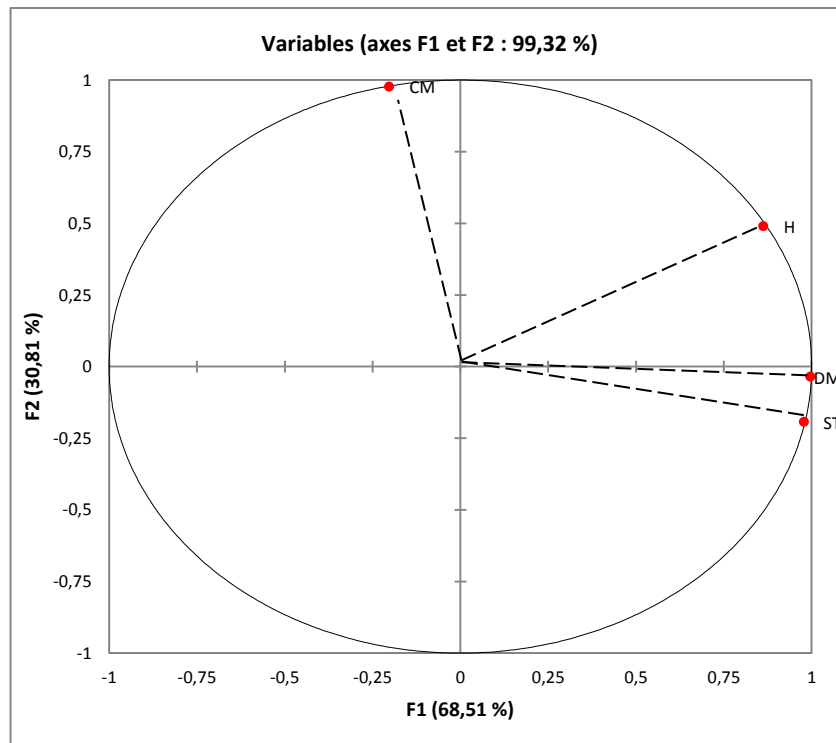


Figure 14. Représentation graphique des 4 points variables à l’intérieur du cercle de corrélation du le plan factoriel1.

Les coordonnées des variables initiales sur l'axe 1 sont les corrélations de ces mêmes variables avec l'axe 1, et les coordonnées sur l'axe 2 sont les corrélations de ces variables avec l'axe 2 (Figure 15). Ces cercles de corrélations permettent parfois de donner une interprétation physique à certaines composantes principales. Les variables P1 et P4 présentent deux longs vecteurs des fortes corrélations (Tableau 16).

Tableau 16. Valeurs des corrélations et corrélation carrées des individus avec les 3 premières composantes principales et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1-2

Individus	Axes principaux						
	CP1		CP2		CP3		Plan factoriel 1-2
	Corr	Corr ² %	corr	Corr ² %	corr	Corr ² %	Corr%
P1	-0.221	0.444	1.792	65.13	-0.101	9.422	99.7
P2	2.741	68.52	-0.561	6.38	-0.010	0.088	64
P3	-0.924	7.791	-0.047	0.045	0.270	67.165	91.7
P4	-1.596	23.24	-1.184	28.43	-0.159	23.326	99.4

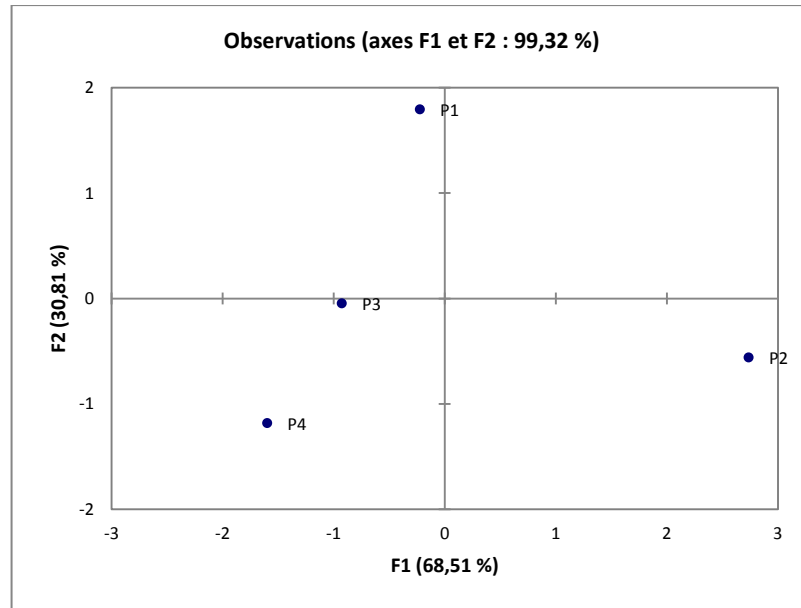


Figure 15. Représentation graphique des points individus dans le plan factoriel1-2

5.2. Analyse hiérarchique

La recherche des groupes homogènes de variétés des sujets de cèdre de l'Atlas pour les 4 stations en utilisant le lien simple, la distance carrée de Pearson et un niveau de similarité de 80% a permis d'observer 3 groupes de stations de cèdre de l'Atlas . Ces groupes ont été déterminés à partir des moyennes de des données des 4 stations observées sur 4 caractéristiques dendrologiques. Les différents groupes obtenus sont donnés par la figure 16.

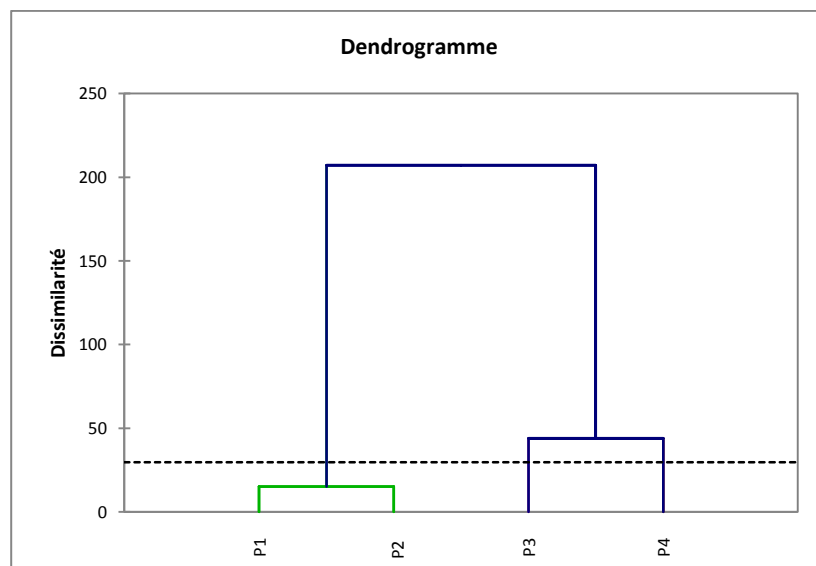


Figure 16.Dendrogramme du regroupement des 4 stations à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de Pearson

CONCLUSION

Conclusion

Au terme de ce travail, que nous avons mené, au sein du djebel ouahch à Constantine, dans le but de faire un diagnostic d'état ou bien la dynamique de croissances des parcelles de cèdre de l'atlas planté nous avons pris en considération l'importance des conditions écologiques (climat et altitude).

La méthodologie adoptée se base sur les mesures dendrométriques (la hauteur de l'arbre, la circonférence, le diamètre et la surface terrière).

Les données climatologiques montrent que la station de kef lakhel se situe dans l'aire naturelle du cèdre de l'atlas, par contre la station de la réserve biologique à un climat qui se diffère à celui de l'aire naturel de cette essence.

Les résultats obtenus, indiquent que les paramètres étudiés dans la station de kef lakhal sont plus corrélés par rapport aux paramètres étudiés dans la réserve biologique qui présentent une corrélation positive.

Les observations au niveau de la réserve de Djebel el ouahch ont permis d'avoir une idée sur le déclenchement du phénomène de dépérissement du cèdre de l'atlas dans cette station, selon plusieurs chercheurs les causes sont les : le surpâturage et l'absence de gestion sylvicole.

De plus, afin de préciser et compléter les résultats, il est intéressant de réaliser une étude plus approfondie des facteurs environnementaux influant l'état de la végétation tels que la topographie, les stress climatiques, la pollution locale qui pourraient expliquer les causes exacte de dépérissement, il serait peut-être possible de mettre en place des méthodes de lutte et de prévention comme :

- Le maintien d'une densité raisonnable pour limiter la compétition hydrique du peuplement.
- Le recépage pour le développement des troncs d'arbres
- Interdiction du pâturage intensif.
- La coupe des sujets infectés.

Enfin, il serait intéressant que ce thème soit complété par des études qui soient menées sur les causes précises de dépérissement dans différentes stations forestières.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

- Abdessemed K. (1981)**. Réflexion sur les cédraies algériennes. Bull. Tech. Forest. p7-10.
- Alexandrian D. (1992)** Les causes des incendies. Levons le voile. Forêt méditerranéenne, n° 1, p41-47.
- Adoui S. (1991)**. Contribution à l'étude des caractéristiques écologiques des complexes Entomologiques du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en dépérissement au Belezma. Thèse. Ing. Foresterie et protection de la nature. INA. Alger.
- Ait-amara L. et Harrache A. (2008)**. Contribution à l'étude d'inventaire des insectes xylophages et leurs impacts sur le dépérissement du cèdre de l'atlas cas de la cédraie du parc national de Belezma- Batna- Thèse. Dép. Biologie. Université Mouloud Maammeri Tizi-Ouzou.
- Anonyme. (2008)**. *Cedrus atlantica* decline in Belezma, Atlas cedar decline.
- Aussenac G. (1981)**. Comportement hydrique estival de *Cedrus atlantica* Manetti, *Quercus ilex* L, et *Quercus pubescens* Willd. Et de divers pins du Mont-Ventoux. Ann. Sci. For ; 19, p 41-62.
- Aussenac G. et Guehl J. (1990)**. Ecophysiologie du cèdre .Conséquence pour la sylviculture station de sylviculture et de production INRA, Nancy, p 191 – 139.
- Badraoui M et Assali F. (2007)**. Les changements climatiques : ont-ils des impacts sur le dépérissement du cèdre dans le Moyen Atlas, Résumé de la communication a la célébration de la journée mondiale 2007 de la terre « changements climatiques et impacte écologiques et économiques. Université Al Khawayn Ifran, 27 Avril 2007. 3p.
- Benabaid A. (1994)**. Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (special), P 61-76.
- Bonneau M. (1988)**. Le dépérissement des forêts en Europe. *Rech.* 205 (19), décembre 1988, p1542-1556.
- Boudy P. (1950)**. Economie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. Éd. Larose, T2. p 529-619.
- Boudy P. (1952)**. Guide du forestier en Afrique du Nord. Éd. La Maison Rustique. 505 p.
- Chebouki, (1994)**. Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de L'Atlas. Thèse de magistère-Université de Batna, P5-13.
- Ciesla M. (1993)**. Qu'arrive-t-il au Neem sahélien, Unasyuva. N°172 : sécurité des

ouvriers forestiers. Archives des documents de la F.A.O. Département des forêts.62p.

-Cheddadi R. (2004). Changements environnementaux du Nord-Ouest de l'Afrique : passé, présent et futur. In : Semah A.M. & Renault-Miskowski J. L'évolution de la végétation depuis deux millions d'années. Editions Artcom , p 104-125.

-Dagnelie P. (1999). Statistique théorique et appliquée. Tome 02. Inférence statistique à une et à deux dimensions. Bruxelles. Université D&L. 659p.

-Delatour C. (1990). Les Dépérissements de Chênes en Europe.
Vol XXXV, n° 4, p 265-282.

-Demelon A. (1968) .Croissance des végétaux cultivés (Principes d'Agronomie). Tome II, Dunod, Ed. p 545-548.

-Derradj A. (1990). Etude des populations de *Cedrus atlantica* M.en Algérie thèse
Doc.U.P.S.toulouse, p288.

-Ducrey M. (1994). Adaptation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen. Aspect écophysiological de sa réaction à la sécheresse. *Ann. Rech. For. Maroc.* T27 (spécial) P139-153.

-Farjon A. (1990). Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz scientific books, p 330.

-Finkelstein D. (1981). Contribution à la caractérisation écophysiological du cèdre, étude de la croissance et des échanges gazeux. Thèse. 3eme cycle, Université de Nancy. 159p.

-Halimi A. (1980). L'Atlas Blidéen – climat et étages végétaux. Office des publications universitaires – Alger. Edition n° 648,532p.

-Houamel A. (2012). Contribution à l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du parc national du Belezma), thèse, magister, P90.

-Huart O., Lejeune P., Lemoine N., Rondeux J., 2004 – Proposition d'une méthode d'inventaire « sylvicole » pour le diagnostic post-perturbation des hêtraies wallonnes touchées par la « maladie du hêtre ». Note technique forestière de Gembloux n° 12, 26p.

-Garrec j. p. (1989). Etude de surfaces foliaires des arbres dépérissement. *Ann.sci.for.*, 46.p 547-552

-Krouchi F. (2010).étude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'atlas en peuplement naturel (Tala-guilef,djurdjuranord-ouest,Algerie) ,thèse, doc, univ de Tizi –ouzou, p130.

-Lanier L et al. (1976). Mycologie et pathologie forestières. Tome II. Pathologie forestière.

Edition Masson. Paris, p 16-26.

-Le Houreou H. (1975).étude phytosanitaire de Hodna.in « études des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricole dans la région de Hodna. Algérie »AGS : DP /ALG/66/509, rapport technique n°3, vol.1.FOA-PNUD Rome ,154P. +2Carte couleurs au 1/200 000^{ème}.

-Le meignen P. et Micas L. (2008). Bilan des dépérissements forestiers dans le Alpes-de-Provence. Forêt méditerranéenne. T XXIX, n°2, p177-182.

-Merniz N. (2008). Les interférences entre le régime pluviométrique et la végétation dans quelque station de l'Est Algérien.

-M'hirit O. (1994). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Présentation générale et État des connaissances à travers le réseau *Silva Mediterranea* "Le Cèdre". In : Le cèdre l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial), p 4-21.

- M'hirit O. (1999). Forêt méditerranéen tome XX (3) , p 91-99.

-Micas, (2008). Le dépérissement des forêts des Alpes de Haute-Provence. Journées d'études «Changement climatiques et forêt méditerranéenne ». Forêt Méditerranéenne.

-Mouna M. (1982). Recherches écologiques sur le peuplement frondicole des insectes du Cèdre (*Cedrus atlantica* Man.), dans le Moyen Atlas marocain. Thèse .Doc. Univ. St Jérôme, Marseille, 121 p.

-Mühlemann P. (1994). Dépérissement des forêts en Suisse : situation actuelle. Le courrier de l'environnement de l'INRA N°22.

-Nageleisen L. (2007). Les problèmes phytosanitaires du cèdre en France. Forêtentreprise, n°174, p27-31.

-Nedjahi A. (1988) La croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa, Ann. Rech.Forest. Algérie, Vol2, p 23-58.

- pilon S.Bourhis F. (2006) .schéma régionale de gestion sylvicole, CRPF.pp76

-Pradal F. (1979) Variabilité génétique et écophysiological du cèdre. Résumé. INRA département Forêt. Nancy.

-Pons .A et Quezel P. (1958). Premières remarques sur l'étude palynologique d'un guano Fossile Hoggar. Compte du rendu des séances de l'académie de Sciences. 244, P 2290- 2292.

-Quezel P. (1980). Biogéographie et écologie des Conifères sur le pourtour méditerranéen. In P. Pesson (éd.), Actual. écol. forest, Paris, p 205-255.

- Rathgeber C., Blanc L., Ripert C., Vennetier M. (2004)** – Modélisation de la croissance en hauteur du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en région méditerranéenne française. *Ecol. Médit.* Tome 30, fasc. (2), p 205-218.
- Roche E. (2006).** Palynologie de la région méditerranéenne. Université de Liège. Notes decours, inédit.
- Roy G. (1998).** Rôle des facteurs climatique dans le mécanisme du dépérissement des érablières appalachiennes. Thèse. *Doc.* Université Sherbrooke Canada.
- Stewart PH, Roustide R. (1974)** – cours de sylviculture. Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, p 101.
- Taleb M. (2004).** Contribution à l'étude de la productivité de *Cedrus atlantica* Manetti en fonction des Caractéristiques Stationnelles. Mem. Ing. Agr. I.N.A. El-Harrach. Alger, P 81.
- Till C. (1985).** Recherches dendrochronologiques sur le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*(Endl;) carrière) au Maroc. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université Catholique de Louvain, 231 p et annexes, inédit.
- Toth J. (1978)** .contribution à l'étude de la fructificationet de la régénération de cèdre de l'atlas dans le sud de la France .thèse .Doc.Ing .Fac.sci.Tech.Marseille et jérome.136P
- Toth J. (1980).** Le cèdre III. La graine des plants en pépinière, reboisement, régénération naturelle. Forêt privée. Rev. For; Europe. N° 132, P 41-47.
- Toth J, (1990)** Le cèdre : utilisation et qualité technologique. La forêt prévue n° 194, P 57 – 60. intérêt paysage : cédraies touristiques la prévue n° 195, p 50 – 57.
- Toth J. (2005).** Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. Paris, Le Harmattan. Biologie, Ecologie, Agronomie. 207 p.
- Tremblay v. (1999).** Dendroécologie du dépérissement du bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh) après coupe forestière dans la réserve faunique des Laurentides.
- Zine El abidine. (2003).** Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. Sécheresse 14 (4). John Libbey Eurotext,P 209-218.

ANNEXES

Tableau 1 : Données climatiques recueillies auprès du service de météorologie (station d'Ain El Bey 1996-2006)

Paramètre mois	P (mm)	M (°C)	M (°C)	(M+m)/2	Evap (%)	Hum (%)	Neige	Vent (m/s)	Gelée	Insolation
Jan	79.3	2.3	11.9	7.1	38	79.82	2.2	2.6	8.7	157
Fév	54.4	2.5	13.1	7.8	40	77.55	2	2.9	7.8	176
Mar	39	5.1	17.3	11.2	65	71.36	3	2.5	4.6	232
Avr	51.3	7.4	20.1	13.75	71	70.18	0	2.8	1.6	241
Mai	48.9	11.9	26	18.95	96	66	0	2.4	0	279
Jun	19.7	16.2	32	24.1	148	53.36	0	2.4	0	314
Jul	4.9	18.7	34.8	26.75	180	48.36	0	2.4	0	333
Aou	14.2	18.9	34.4	26.65	170	51.73	0	2.4	0	297
Sep	42	16.1	28.9	22.5	104	65	0	2	0	246
Oct	32.8	11.8	25	18.4	89	67.55	0	2.1	0	258
Nov	72.7	7.2	16.9	12.05	56	74	3	2.6	4	164
Dec	89.5	4.1	12.7	8.4	42	76.82	1.3	2.8	5.4	150

Tableau 2: précipitation aux points d'étude dans djebel- ouahch

stations Mois	Station de référence (Ain El Bey)	Pluviométrie du 950m d'altitude (mm)	Pluviométrie du 1183m d'altitude (mm)
Jan	76.3	90.03	103
Fév	54.5	64.31	73.57
Mar	38	44.84	51.3
Avr	52.2	61.59	70.41
Mai	45.1	53.21	60.88
Jun	19.1	22.53	25.78
Jul	5.2	6.13	7.02
Aou	13.5	15.93	18.22
Sep	39.5	46.61	53.32
Oct	30	35.4	40.5
Nov	67.8	80	91.53
Dec	87.1	102.77	117.58
Total	528.3	623.35	713.2

Tableau3 : données thermiques des stations d'étude de djebel-ouahch

Stations T°C Mois	Constantine (694m)			La réserve 950m d'altitude			Kef Ikhal 1183m d'altitude		
	M	m	Moy	M	m	Moy	M	M	Moy
Jan	11.9	2.3	7.1	10.06	1.46	5.76	8.38	0.69	4.53
Fév	13.1	2.5	7.8	11.26	1.66	6.46	9.58	0.89	5.23
Mar	17.3	5.1	11.2	15.46	4.26	9.86	13.78	3.49	8.63
Avr	20.1	7.4	13.75	18.26	6.56	12.41	16.58	5.79	11.18
Mai	26	11.9	18.95	24.16	11.06	17.61	22.48	10.09	16.28
Jun	32	16.2	24.1	30.16	15.36	22.67	28.48	14.59	21.53
Jul	34.8	18.7	26.75	32.96	17.86	25.41	31.28	17.09	24.18
Aou	34.4	18.9	26.65	32.56	18.06	25.31	30.88	17.29	24.08
Sep	28.9	16.1	22.5	27.06	15.26	21.16	25.38	14.49	19.93
Oct	25	11.8	18.4	23.16	10.96	17.06	21.48	10.19	15.83
Nov	16.9	7.2	12.05	15.06	6.36	10.71	13.38	5.59	9.48
Dec	12.7	4.1	8.4	10.86	3.26	7.06	9.18	2.49	5.83

Tableau 4: les mesures dendrométrique de cèdre de l'atlas au djebel ouahch.

Station	arbre	H(m)	D (cm)	C (cm)	D (m)	ST (m ²)	C(m)
S1	A1	24,1	66	207	0,66	0,34	2,07
S1	A1	21	72	226	0,72	0,41	2,26
S1	A1	22,1	74	231	0,74	0,43	2,31
S1	A1	23,8	75	235	0,75	0,44	2,35
S1	A1	23,6	66	205	0,66	0,34	2,05
S1	A1	22,9	53	166	0,53	0,22	1,66
S1	A1	26,6	56	204	0,56	0,25	2,04
S1	A1	30	80	250	0,8	0,50	2,5
S1	A1	22,4	45	142	0,45	0,16	1,42
S1	A1	18,3	61	190	0,61	0,29	1,9
S2	A2	27	126	39	1,26	1,25	0,39
S2	A2	29,6	164	51	1,64	2,11	0,51
S2	A2	29,8	188	58	1,88	2,77	0,58
S2	A2	26	200	63	2	3,14	0,63
S2	A2	28,5	149	45	1,49	1,74	0,45
S2	A2	32	270	83	2,7	5,72	0,83
S2	A2	32	213	73	2,13	3,56	0,73
S2	A2	25	188	58	1,88	2,77	0,58
S2	A2	25	163	51	1,63	2,09	0,51
S2	A2	26	162	52	1,62	2,06	0,52

S3	A3	18	34	112	0,34	0,09	1,12
S3	A3	18,2	34	106	0,34	0,09	1,06
S3	A3	18,2	43	135	0,43	0,15	1,35
S3	A3	15	26	82	0,26	0,05	0,82
S3	A3	15	20	62	0,2	0,03	0,62
S3	A3	16,5	44	137	0,44	0,15	1,37
S3	A3	18,8	34	106	0,34	0,09	1,06
S3	A3	14,2	33	116	0,33	0,09	1,16
S3	A3	14,8	26	88	0,26	0,05	0,88
S3	A3	13,2	29	93	0,29	0,07	0,93
S4	A4	6,8	23	72	0,23	0,04	0,72
S4	A4	6,7	24	75	0,24	0,05	0,75
S4	A4	4,2	8	25	0,08	0,01	0,25
S4	A4	5,3	16	51	0,16	0,02	0,51
S4	A4	9,3	29	90	0,29	0,07	0,9
S4	A4	8,8	21	65	0,21	0,03	0,65
S4	A4	7,3	16	56	0,16	0,02	0,56
S4	A4	7,1	21	65	0,21	0,03	0,65
S4	A4	5	11	35	0,11	0,01	0,35
S4	A4	7,7	22	68	0,22	0,04	0,68



Photos 1 : la cédraie de djebel ouahch (la réserve biologique ,2014)



Phot 02 : le bouquet de cèdre d'Atlas à djebel ouhch(kef- lkhel,2014).



Photo 3 : le dépérissement de quelque sujet de cèdre de l'atlas

RESUMES

Résumé

Notre étude conduite sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) a pour objectifs de connaître l'état sanitaire de parcelles plantées du cèdre d'Atlas dans deux stations à djebel ouahch (la réserve biologique et la station de kef lakhel), et effectuer un diagnostic d'adaptation de ces sujets dans cette région.

Plusieurs paramètres dendrométriques ont été étudiés dans les deux stations à savoir la hauteur de l'arbre, le diamètre, la circonférence et la surface terrière

Les résultats obtenus que cet arbre subit un dépérissement suites à l'interaction de plusieurs facteurs destructeurs, ainsi les statistiques étudiées indique que la station de kef lakhal est plus corrélée par rapport aux paramètres étudiés dans la réserve biologique qui présentent une corrélation positive.

Mots clé : cèdre de l'atlas, plantation, djebel ouahch, diagnostic, dépérissement.

Abstract

The objectif of Our study concerning the atlas Cedar (*cedrus atlantica*) our aims is to estimate sanitory state of the afforestation parcels atlas cedar on two stations in djebel ouahch (biologic protectress and the station of Kef lkhel) and to comme the diagnostic adaptation of this subjects in this area.

Many dendromtrique parametres was studied in the two stations namlly the height,the diametre,the circonference,and earth surface.

The resultes showed that this tree suffer decline aften l'interaction of many destructive factors as nee the statistic say, the station of Kef lkhel was are very coreelete compened witch the parametres study in biologic protectress wich present the positif correlet.

Key-words : atlas cedar, estate, djebel ouahch, diagnostic, decline.

ملخص

تهدف دراستنا التي اجريت على ارض الاطلس الى معرفة الحالة الصحية للقطع المغروسة في غابة جبل الوحش و ذلك على مستوى محطتين لأخذ العينات(المحمية البيولوجية و الكاف لكحل) و القيام بتشخيص لملائمة افراد الارز الاطلسي في هذه المنطقة.

القياسات الشجرية(الندرومترية) التي تمت دراستها في المحطات(الطول- القطر- المحيط والمساحة الارضية).

النتائج المتحصل عليها ان هذا النوع من الاشجار يتعرض الى تدهور نتيجة تأثير عدة عوامل مدمرة و ان التحليلات الاحصائية اثبتت ان محطة الكاف لكحل اكثر ملائمة من الموجدة في المحمية البيولوجية التي تظهر ايضا تناسبا ايجابيا

الكلمات المفتاحية: الارز الاطلسي، تشجير، جبل الوحش، تشخيص، تدهور.