

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mouloud MAMMARI Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques.



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Science Agronomique

Option :

*Ecologie, biodiversité et dynamique des peuplements et des
communautés forestières.*

THÈME

**Analyse structurale de la cédraie en quelques
points du Djurdjura nord-ouest
(Thala-Guilef et Thabourth-El-Inser)**

Présenté par : AMIRAT Yassina

Devant le jury composé de:

Mr AIT SAID Samir, Maître de Conférences (A) UMMTO

Président

Mr DERRIDJ Arezki, Professeur UMMTO

Promoteur

Mme KROUCHI Fazia, Maître de Conférences (A) UMMTO

Examinatrice

Mr MESSAOUDENE Mahand, Directeur de recherches INRF Azazga

Examineur

Mr SLIMANI Said, Maître de Conférences (B) UMMTO

Examineur

Année Universitaire : 2015/2016

REMERCIEMENTS

Je remercie « DIEU » tout puissant de m'avoir donnée le courage, la patience, la volonté pour accomplir ce modeste travail.

L'heureux aboutissement de ce travail a été rendu possible grâce à la volonté inébranlable du Professeur **Derridj A.** et Mme **Krouchi F.** qui m'ont formé et qui ont su me guider avec toute la tolérance et la fermeté nécessaires. Avec tout mon respect et ma profonde gratitude, je leurs présente tous mes remerciement.

Mes remerciements vont également à Mr **Ait Said S.** Maître de conférence (A) à l'université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury et aussi pour ces conseils et son aide précieuse.

Je suis très honoré de la présence de **M^r MESSAOUDENE M.** Directeur de recherches I.N.R.F. d'Azazga. Je le remercie d'avoir accepté de faire partie de ce Jury et surtout d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour la réalisation des mesures sur terrain.

Ma gratitude va également à monsieur à Mr **SLIMANI S.** maître de conférences (B) à l'université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU qui nous a honoré par sa présence dans le Jury.

Je tien à exprimé ma reconnaissance au personnel du parc national de Djurdjura en particulier les agents du secteur de Thala Guilef qui m'ont guidé et qui m'ont aidé à collecter les données sur terrain.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants de la Faculté des Sciences Agronomiques des sciences biologiques pour leur remarquable contribution à ma formation en particulier : Mr **METNA B** et Mr **BOUAHMED A. K.**

Enfin, je remercie vivement tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, ont apporté leur pierre à l'édifice, mais que je n'ai pas nommés ici.

Liste des abréviations

Agni : Agni Izamaren

Alma : Alma

darb : diamètre de l'arbre

dhoup: diameter du houppier

Djamaa: Djamma Adherchi

harb : hauteur de l'arbre

hhoup : hauteur du houppier

Hmax: hauteur maximale

IB01: Ifri Bagour 01

IB02: Ifri Bagour 02

Ighzer: Ighzer Tmejja

Ikha: Ikharraden

IM01: Imoula 01

IM02: Imoula 02

Lain : Lainser Inedjaren

Max : Maximum

Min : Minimum

Moy : Moyenne

Pnord: Pic de cèdres Nord

Psud: Pic de cèdres sud

Raltit: Restaurant d'altitude

Rfnord: Refuge Amirouche Nord

Rfsud: Refuge Amirouche sud

SA : Semdh Azeeggagh

TH: Thaghzouth

Thatsk : Thala Tsekrin

Liste de figures

Fig.1 : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord (<i>Source : Derridj, 1990</i>).	4
Fig. 2 : Caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas	9
Fig. 3: Distributions diamétrales correspondant aux trois principaux types de structure de peuplement : (<i>source : Boucher, 2003</i>).	17
Fig. 4: Eléments de détermination de la structure des peuplements (<i>source : Spellmann, 1995 in Schütz, 1997</i>)	18
Fig. 5 : Mesure des hauteurs dans le cas des résineux (<i>source Rondeux, 1999</i>)	21
Fig. 6: Niveaux de mesure de la grosseur des arbres en situations particulières (<i>source Rondeux (1999)</i>)	21
Fig. 7 : localisation des deux régions forestières étudiées sur image de Google Earth du 9/4/2014.	26
Fig. 8 : Localisation des stations de la cédraie Thala Guilef sur image de Google Earth du 9/4/2014	27
Fig. 9 : localisation des stations de la cédraie Thabourth El Inser sur image de Google Earth du 9/4/2014	39
Fig.10 : Différents outils de mesure utilisés sur terrain.	43
Fig. 11 : Distribution des hauteurs maximales de tiges toute espèce confondue pour la région de Thala Guilef.	46
Fig. 12 : Distribution des hauteurs maximales de tiges toute espèce confondue pour la cédraie de Thabourth El Inser.	47
Fig. 13: Distribution des plus grosses tiges par station.	48
Fig. 14: boxplot des hauteurs et diamètres des arbres par station et par cédraie.	49
Fig. 15: Distribution des tiges de cèdre par classes de diamètre dans la région Thala-Guilef.	50
Fig. 16: Distribution des tiges de cèdre par classes de diamètre dans la région Thabourth El Inser.	51
Fig.17: Distribution des tiges par classes de hauteur dans les cédraies de Thala-Guilef	54
Fig.18 : Distribution des tiges par classes de hauteur dans la cédraie Thabourth El Inser.	55
Fig. 19 : boxplot des hauteurs et diamètres du houppier des arbres par station et par cédraie	57

Fig.20 : distribution des tiges de cèdre par classes de hauteur du houppier dans la région de Thala Guilef.	58
Fig. 21 : Distribution des tiges par classes de hauteur du houppier dans la cédraie de Thabourth El Inser.	59
Fig. 22 : Distribution des tiges par classes de diamètre du houppier dans les cédraies de Thala-Guilef	60
Fig. 23 : Distribution des tiges par classes de diamètre du houppier de la cédraie de Thabourth El Inser.	61
Fig.24 : Distribution des densités et des surfaces terrières par station.	62
Figure 25 : Projection des variables et stations sur le cercle de corrélation.	64
Figure 26 : Regroupement des variables et des individus sur le plan factoriel (1 x 2).	65

Liste des tableaux

Tab. 1 : Classes des diamètres retenues.	44
Tab. 2 : classes de hauteurs retenues.	44
Tab. 3 : Répartition des stations en fonction des paramètres stationnels.	45
Tab.4 : Paramètres statistiques sur les variables mesurés sur le cèdre.	47
Tab. 5 : Résultats des tests de Shapiro & Wilk et du Test de Bartlett sur les paramètres dendrométriques du cèdre.	52
Tab.6 : Résultats du test de Kruskal & Wallis sur les paramètres dendrométriques du cèdre.	52
Tab. 7 : distribution des stations de Thala Guilef par classes de nombres de tiges	62
Tab. 8 : distribution des stations de Thabourth El Inser par classes de nombres de tiges	62
Tab. 9 : Valeurs propres des six premiers axes.	63
Tab. 10 : Corrélations des variables aux 4 premiers axes.	63
Tab.11 : Matrice de corrélation des variables dendrométriques.	64

Liste des annexes

Annexe 01 : Tracé de normalité des données des paramètres dendrométriques du cèdre dans la cédraie de Thala Guilef	
Annexe 0 2 : Tracé de normalité des données des paramètres dendrométriques du cèdre dans la cédraie de Thabourth El Inser	
Annexe 03 : Tableau de comparaison des circonférences moyenne et des hauteurs moyenne de plusieurs cédraies.	

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre 1: Présentation de l'espèce

1. Description de l'espèce.....	3
1.1. Le genre <i>Cedrus</i>	3
1.2. Aire naturelle de répartition cèdre de l'Atlas	3
1.3. Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas	4
1.4. Facteurs de répartition du cèdre de l'Atlas	5
1.4.1. L'altitude	5
1.4.2. Exposition.....	6
1.4.3. Le climat	6
1.4.4. Le substrat	7
1.4.5. Facteur humain	8
1.5. Caractères généraux et cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas	8
1.6. La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas	10
1.7. Perturbations et ennemis du cèdre de l'Atlas	11
1.8. Importance du cèdre de l'Atlas et des cédraies	12

Chapitre 2: Étude de la structure des peuplements forestiers

2. Etude de la structure des peuplements forestiers.....	14
2.1. Définition	14
2.2. La structure d'un peuplement	15
2.3. Les attributs structuraux et de complexité structurale	15
2.4. Les types de structure	16
2.4.1. La structure verticale du peuplement	16
2.4.2. La structure horizontale du peuplement	16
2.4.3. La structure diamétrique totale	17
2.5. Méthodes d'étude de la structure d'un peuplement forestier.....	18
2.6. Mesure de la structure.....	19
2.6.1. La hauteur de l'arbre	19
2.6.2. Hauteur dominante	19
2.6.3. Le diamètre de l'arbre	19

2.6.4. La hauteur ou la longueur du houppier	19
2.6.5. Le diamètre du houppier	20
2.6.6. La Surface terrière	20
2.6.7. Densité	20
2.1. Intérêt de l'étude de la structure	22
<i>Chapitre 3 : Aperçu sur la région d'étude</i>	
3. Aperçu sur la région d'étude	23
3.1. Description de la région d'étude	23
3.1.1. Hydrographie	23
3.1.2. Géologie	23
3.1.3. Pédologie	24
3.1.4. Végétation	24
3.1.5. Caractéristiques climatiques de la région d'étude	24
3.2. Zone d'étude	25
3.2.1. Description des stations de la cédraie Thala - Guilef	26
3.2.1.1. Cédraie mixte de basse altitude	27
3.2.1.3. Cédraie pure de haute altitude	34
3.2.2. Description des stations de la cédraie Thabourth El Inser	35
<i>Chapitre 4: Matériel et Méthodes</i>	
4. Matériel et méthodes	40
4.1. Méthode d'échantillonnage	40
4.1.1. Implantation et délimitation des unités d'échantillonnage	40
4.1.2. Taille et forme des unités d'échantillonnage	40
4.2. Mesures réalisées	41
4.2.1. Données stationnelles	41
4.2.2. Données dendrométriques et descriptives du peuplement	42
4.3. Traitement des données	43
<i>Chapitre 5: Résultats</i>	
5. Résultats	46
5.1. Composition en espèces ligneuses	46
5.2. Analyse des paramètres dendrométriques du cèdre	47
5.2.1. Le diamètre de l'arbre	47

5.2.2. La Hauteur de l'arbre	52
5.2.3. Hauteur du houppier	56
5.2.4. Diamètre du houppier	59
5.2.5. Densité et surface terrière	61
5.3. Etudes des relations entre les différentes variables dendrométriques	63
5.3.1. Corrélations à l'échelle de la station	63
5.3.1.1. Corrélation hauteur-diamètre de l'arbre	63
5.3.1.2. Corrélation hauteur du houppier-diamètre du houppier	63
5.3.2. Corrélations globales Analyse en composantes principales « A.C.P. »	68
5.3.2.1. Les valeurs propres	68
5.3.2.2. Le Plan factoriel	68
5.3.3. La Matrice de corrélation	70

Chapitre 6: Discussion

6. Discussion :	71
-----------------------	-----------

<i>Conclusion</i>	82
--------------------------------	-----------

<i>Références bibliographiques</i>	84
---	-----------

Annexes

Introduction générale

La structure d'un peuplement forestier et sa composition figurent parmi les éléments essentiels au maintien de la biodiversité (Hunter, 1990 ; Kimmins, 1997 ; Kuuluvainen, 2002 *in* Boucher & al. 2003).

D'après Bouchon (1997), pour l'étude de cette structure, on doit prendre en compte simultanément les dimensions des individus et les relations spatiales entre eux, et ce par la réalisation d'un inventaire du matériel sur pied qui constitue selon Lejeune & Verrue (2002), un outil indispensable pour une gestion raisonnée des peuplements forestiers et qui permet d'apprécier la dynamique de rajeunissement, ainsi que l'évolution de leurs structures et de leurs compositions.

Pour réaliser un tel inventaire, une étude structurale a été menée dans le massif du Djurdjura qui est connu pour sa diversité floristique (35 espèces endémiques) et faunistique, et où les forêts à *Cedrus atlantica* Manetti forment des paysages remarquables.

En effet, Demarteau & al. (2007) signalent que les forêts saines à *Cedrus atlantica*, peuvent constituer des réservoirs génétiques de grand intérêt. Elles représentent un capital forestier de première importance, du point de vue : économique, écologique (Messaoudene, 2013; Slimani, 2014), social et touristique (Quézel et Médail, 2003).

L'une des spécificités majeures de ce massif, est d'avoir été l'objet, depuis la plus lointaine antiquité, d'une occupation humaine particulièrement dense (Derridj, 1990 ; Bensaid & al. 2006). En effet, suivant une bande d'Est en Ouest, nous avons soixante-huit (68) villages, dont trente-six (36) au Nord et trente-deux (32) au Sud, qui bénéficient du droit d'usage à des fins diverses (nourritures, chauffage, matériaux de construction et pâturage) de ces forêts entièrement accessibles.

Ce massif a constitué depuis le 17^{ème} siècle une place privilégiée pour les scientifiques tant sur le plan écologique que syntaxonomique (Addar, 2013). Les premiers travaux réalisés étaient descriptifs, basés essentiellement sur des aspects physiologiques (Yahi & al. 2008).

Les études les plus récentes des cédraies, ont concerné essentiellement: la phytoécologie (Mestar,1995) ; les séries dynamiques et la phytosociologie (Mediouni & Yahi, 1989 ; Bouheraoua, 1992 ; Tafer & Zergane, 1994; Yahi, 2007 ; Medour, 2010), la dendrochronologie (Allileche, 2012 ; Slimani, 2014), la régénération et la fructification (Derridj, 1990 et Krouchi, 2010) ; la cartographie (Mestar,1995, Bouahmed, 2012) et la modélisation de la croissance du cèdre (Rabhi, 2014).

Sur le plan structural, les études relatives aux cédraies du Djurdjura sont rares à l'exception de quelques travaux consacrés partiellement à cet aspect (Mechri & Hadouchi, 1993); Tafer & Zergane, 1994 ; Larbi, 2015 et Krouchi, 1995).

A Thala Guilef, Mestar (1995) a dressé une cartographie de la cédraie et fait référence à l'élément structural d'un point de vue descriptif sans le quantifier ; tandis-que Krouchi, 2010 a mesuré les hauteurs et les circonférences de cèdres en appui à son analyse de l'effort de reproduction.

Pour notre part nous nous proposons, en complément à ces travaux, de faire une étude structurale de la cédraie du Djurdjura Nord-Ouest (Thabourth EL Inser et Tala-Guilef) et de rendre compte de sa dynamique avec la perspective de faire une cartographie structurale appuyée par la télédétection. Le travail que nous présentons est une étape dans ce sens. Cette étape vise à acquérir des connaissances sur la dynamique de la cédraie (en particulier celle de bordure) et les facteurs qui la régissent à l'échelle locale. Pour cela, nous avons adopté une méthode d'échantillonnage tenant compte des facteurs écologiques locaux et des indicateurs de perturbation anthropique.

Notre étude s'articule autour de 6 chapitres : chapitre 1: généralités sur le cèdre de l'Atlas ; chapitre2 : synthèse bibliographique sur l'approche structurale ; chapitre3 : description de la zone d'étude ; chapitre 4 : matériel et méthodes ; chapitre 5 : résultats ; chapitre 6 : discussion. Et nous concluons le travail par des perspectives.

Chapitre 1 :
Présentation de l'espèce

1. Présentation de l'espèce

1.1. Le genre *Cedrus*

Le nom du cèdre vient du grec « *Kedron* », terme qui indique à la fois les cèdres et les autres arbres au bois précieux (genévriers).

Selon SALGUES (2008), Le genre *Cedrus* est le plus ancien après *Pinus* (Gausсен, 1967 in DERRIDJ, 1990). Il a été bien présent au nord de Méditerranée depuis la base du crétacé (PONS, 1998) et dans l'Himalaya. Il est classé parmi les plantes à graine (spermatophytes) et plus précisément les plantes à ovules nus (gymnospermes), il appartient à l'ordre des Coniférales et à la famille des Pinacées. Il englobe quatre espèces toutes rencontrées en régions montagneuses. Parmi ces dernières le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) qui fait l'objet de notre mémoire, qui est une espèce endémique des montagnes de l'Afrique du Nord, tolérante à la sécheresse et productrice de bois de haute qualité (Derak & al. 2006). Ses valeurs bioécologiques et socioéconomiques lui confèrent une importance internationale (M'herit, 1993).

1.2. Aire naturelle de répartition cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas s'organise en sept blocs, en Afrique du Nord (fig.1), dont quatre dans les montagnes marocaines et trois dans les montagnes algériennes (M'herit, 1993 ; Bentouati, 2008), avec une superficie de 159 000 ha (Boudy, 1958 in Benhalima, 2006). Le Maroc avec 116000 ha détient la plus grande surface occupée par l'espèce (M'herit, 1994).

Les cédraies marocaines sont localisées dans deux régions bien distinctes : le Rif avec une superficie de 16000 ha, le moyen et le grand Atlas avec 100000 ha (Toth, 1980).

En Algérie, l'aire potentielle de l'espèce pourrait s'étendre à tout l'Atlas frais et froid, là où les précipitations et les brouillards printaniers ne sont pas rares (Maire, 1926 in Harfouche & Nedjahi, 2003).

Les cédraies algériennes s'organisent en deux blocs (sec et humide) :

- Le bloc humide représenté par les cédraies de l'Atlas tellien individualisées en quatre îlots : le massif du Djurdjura (2000 ha), des Babors (1300 ha), de l'Ouarsenis (11.000 ha) et des monts Blidéens (1 000 ha).
- Le bloc sec représenté par les cédraies de l'Atlas saharien, ensemble le plus important de la cédraie algérienne avec d'importants peuplements dans les Monts des Aurès et du Belezma (17000 ha) ainsi que dans les Monts du Hodna (8000 ha) (Abdessamed, 1981).

Au Djurdjura, le cèdre est à sa limite Est du côté d'Azrou N Thour et à sa limite Ouest du côté du mont de Hizer sur 40 km de long avec une superficie de 2000 ha. Entre ses deux extrémités nous rencontrons sur le versant nord la cédraie des Ait Ouabane (l'une des plus importantes cédraies du massif) qui se prolonge jusqu'au col de Tirourda vers l'Est et sur le versant Sud, la cédraie de Tikdjda qui se prolonge à l'Ouest vers la cédraie de Thala Guilef.

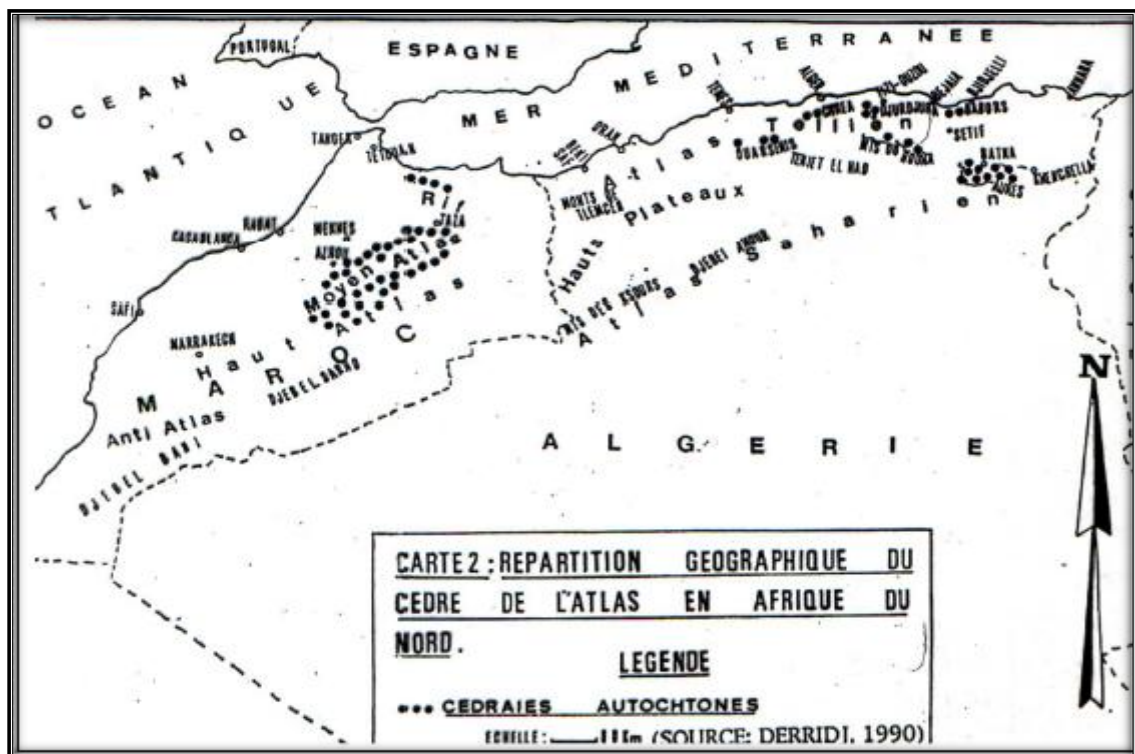


Fig.1 : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord (Source : Derridj, 1990).

Ces données sont hétérogènes et les carences sont liées principalement à l'insuffisance des inventaires forestiers. Les derniers aménagements forestiers datent de 1984 et n'ont pas été renouvelés (Bentouati, 2008).

Selon Krouchi (2010), la superficie actuelle des cédraies demande à être réévaluée en détail pour chaque massif, car des facteurs anthropozoogènes ont contribué à réduire ou faire disparaître des pans de cédraie (cas de Tikjda, Djurdjura sud, après l'incendie de l'année 2000) alors que le relâchement de la pression anthropique ou la réalisation de travaux comme l'ouverture de routes ont favorisé l'installation d'une régénération sur sol de déblaiement (cas d'une partie de la cédraie de Tala - Guilef, Djurdjura Nord-Ouest).

1.3. Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), a été introduit depuis longtemps dans quelques pays circumméditerranéens d'abord comme espèce ornementale et ensuite comme espèce de reboisement (M'hirit 1999).

La première introduction de l'espèce a été réalisée au sud de la France (Mont Ventoux) en 1862 sur une surface de dix hectares semés à l'aide des graines provenant d'Algérie (Toth, 1970). L'introduction du cèdre de l'Atlas est signalée aussi en Italie en 1864, dans quelques états américains (Pennsylvanie, New York, Côte pacifique) et dans les régions de l'ex-URSS (Crimée et Caucase). Enfin, Fabre (1976) signale aussi des essais de reboisement en Bulgarie, à partir de 1890.

D'après Rabhi (2015), en Algérie les surfaces reboisées avec ce résineux noble sont insignifiantes et se concentre autour de l'aire naturel de l'espèce : au Belezma (avec un taux d'échec très élevé), Chélia, Chréa et Djurdjura (dans ces deux dernières le taux de réussite est satisfaisant).

Au Djurdjura, un reboisement par le cèdre de l'Atlas a été réalisé en 1978 dans la partie orientale du massif sur une surface de 450 ha, au niveau du « col de Tirourda », culminant 1700m d'altitude (Rabhi, 2015). Un deuxième reboisement réalisé la même année dans la partie occidentale du massif à 1220 m, à « Tizi Oujaàboub » sur une surface de 40 ha dont une grande partie a été ravagées par les incendies (Rabhi, 2015).

Un troisième reboisement a été réalisé à l'extrême Est du massif, au niveau du « col de Chellata » en 1990, à 1400m d'altitude, sur une surface de 40 ha avec un très faible taux de réussite (Rabhi, 2015).

1.4. Facteurs de répartition du cèdre de l'Atlas

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

1.4.1. L'altitude

L'altitude influence le cèdre par les conditions climatiques, notamment les précipitations et les températures ; plus l'altitude est élevée, plus les précipitations moyennes sont élevées et les températures sont basses.

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

(Harfouche & Nedjahi, 2003). La limite inférieure est fonction de la plus ou moins grande humidité de la station. Au Djurdjura, on le retrouve à l'état d'individus isolé à partir de 900 m à basse altitude et à plus de 2150 m en haute altitude sur les sommets du mont de Hizer. Sa présence dans l'étage méso-méditerranéen jusqu'à 800 m dans les expositions Nord, Nord-est, Nord-ouest se fait sous forme de peuplement clairsemés en mélange avec d'autres feuillus (Nedjahi, 1988).

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

1.4.2. Exposition

L'exposition agit en modelant l'effet des facteurs climatiques et édaphiques, elle joue un rôle très important dans la vie des végétaux ainsi que dans la répartition des pluies par la direction des chaînes de montagnes par rapport aux vents humides.

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

Au Djurdjura les plus belles cédraies, les Ait Ouabane et Thala Guilef sont localisées en exposition Nord.

1.4.3. Le climat

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

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

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

La température est un facteur très important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux sur la surface du globe. Le cèdre résiste à des extrêmes de températures pouvant aller de -20° C à + 39° C. Il peut également résister à de très basses températures (-25° C) (Nedjahi, 1988).

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

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

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

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

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

1.4.4. Le substrat

L'originalité du cèdre de l'Atlas réside, tout particulièrement dans sa rusticité et son indifférence à la nature lithologique du sol. Le cèdre se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des basaltes, de la dolérite, des marno-calcaires, des marno schistes, des dolomies, des calcaires dolomitiques, des schistes et des grès, au Maroc ; et sur des grès blancs, des dolomies, des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des marnes en Algérie.

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

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

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

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

1.4.5. Facteur humain

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

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

1.5. Caractères généraux et cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas

Le cèdre est un arbre monoïque de grande taille pouvant atteindre 50 à 60 m de hauteur (Boudy, 1950 *in* Benhalima, 2006) avec une moyenne qui se situe entre 25 et 30 m vers 70 à 80 ans (BOUDY, 1950 *in* Belloula, 2010). Au Djurdjura et dans la région de Thala Guilef nous avons mesuré des individus de plus de 40m de hauteur.

Le tronc et les branches constituent la charpente de l'arbre, tandis que les rameaux longs, les ramilles et les rameaux courts, ont d'avantage un rôle d'exploiter le milieu (Sabatier et Barthelemy, 1994 *in* Krouchi, 2010). La circonférence du tronc varie entre 1 et 2 m, mais atteint parfois des dimensions remarquables : 8 m à Azrou (Maroc) et jusqu'à 15 m en Algérie (Boudy, 1950 *in* Benhalima, 2006). Au Djurdjura et Chréa (Atlas Blidéen), nous avons aussi repéré plusieurs dizaines d'individus de grande circonférence (Krouchi, 2010). De même pour la région de Thala Guilef, où nous avons dénombré des individus de 8m de circonférence et plus.

Dans de bonnes conditions, le cèdre est capable de vivre plusieurs siècles. Au jeune âge, il a un port pyramidal (fig. 2) et prend la forme tabulaire en vieillissant (Toth, 1970). Sur les crêtes du massif du Djurdjura, le vent et la neige induisent un port trapu chez les arbres et une hauteur qui n'est pas en rapport avec la circonférence (Krouchi, 2010).

Le système racinaire est très développé, pivotant ; fixant l'arbre au sol (Toth, 1970). Quand le sol est peu profond ou qu'il contient des obstacles, l'enracinement devient latéral, causant les chablis.

L'écorce est de couleur grise, de forme écailleuse lisse qui se crevasse avec l'âge (M'herit, 2006). Les bourgeons sont petits et gris jaunâtres.

Les feuilles en forme d'aiguilles aiguës isolées sur les pousses de l'année et en rosettes sur les rameaux, persistantes, gris bleu et vivant généralement 3ans. Leurs longueur est comprise entre 1et 2 cm selon Boudy (1952) et en moyenne de 25mm (Debazak, 1964) pour le Djurdjura, la longueur de l'aiguille est en moyenne de 17mm à l'échelle de 30 sujets adultes de la cédraie de Tala Guilef et de 19.32mm à l'échelle d'un échantillon plus large de 79 arbres de la même cédraie (Krouchi, 2010).

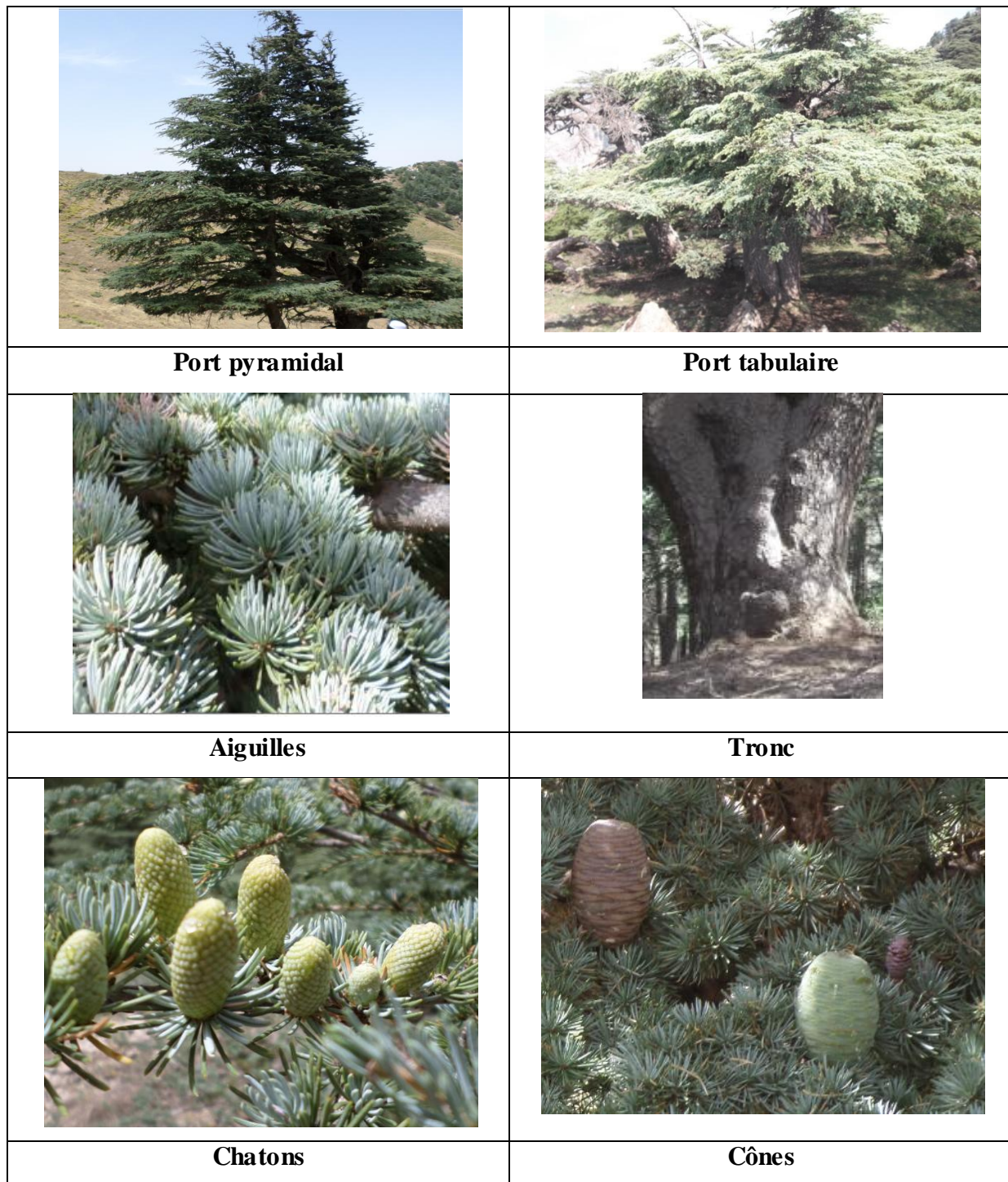


Fig. 2 : Caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas.

Le cône est ovoïde résineux long de 5 à 8 cm. Pour les cédraies algériennes, il a en moyenne de 6.28cm de long et 5.17 cm de diamètre avec un poids moyen de 55.83 g (Derridj, 1990). A l'âge d'un an, il est de couleur vert bleuâtre ou pourpre, à deux ans marron clair ou foncé. Selon Toth (1973), les vieux cèdres sont des porteurs du plus grand nombre de cônes aux graines fertiles.

La graine est triangulaire, de couleur marron roux, longue de 10 à 15 mm, pourvues de larges ailes tendres enveloppées d'une pellicule résineuse protectrice (Azzouni, 1980). Cette pellicule protège l'embryon qui est très fragile.

La graine de cèdre à Tala Guilef, a en moyenne, une longueur de 12mm, une largeur de 5mm et une épaisseur de 3mm (Krouchi, 2010).

Après la désarticulation des cônes sous l'effet de l'alternance de la chaleur et de l'humidité, les graines libérées tombent au sol sous l'effet de leurs poids. Comme elles peuvent être aussi emportées par le vent, les eaux de ruissellement ou les différents rongeurs et oiseaux à de longues distances, qui donc participent à leurs désamination.

Les chatons sont ovoïdes, de 2cm de long, dressés, de couleur jaunâtre d'abord, puis brun clair.

Le cycle de reproduction du cèdre, de la production des graines jusqu'à leur dissémination s'étale sur trois années. Dans certaines conditions, ce cycle peut se prolonger pendant quatre ans (Ezzahiri & Belgazi, 2000).

Ce cycle peut se résumer à trois années successives, la première année il ya apparition des cônes, « floraison » et pollinisation ; puis dans la deuxième année la fécondation des ovules par les gamètes mâles et croissances des cônes ; et dans la troisième année, la maturation des cônes et leur désarticulation (résultats de l'alternance de chaleurs, d'humidité et du gel) qui permettra la dissémination des graines par le vent.

La fructification commence vers l'âge de 35 à 40 ans, mais ce n'est que vers 60ans qu'elle est abondante (Azzouni, 1980).

Les semis s'installent rapidement et abondamment jusqu'à 30m du semencier à l'encontre du vent et plus de 60m au vent (Lanier, 1986).

1.6. La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

Les régénérations s'installent rapidement et solidement sur les éboulis pourvus en élément fins et sur les terrains récemment remués, dépourvus de végétation herbacée (Lanier, 1986).

La régénération naturelle du cèdre s'installe lorsque les conditions d'éclairement et la structure du sol le permettent ; les talus de pistes, bien éclairés et ameublés, sont souvent envahis par des fourrés très vigoureux (Harfouche & Nedjahi, 2003).

Les semis ne supportent pas la sécheresse durant leurs trois premiers mois. Ils ne s'installent durablement que si leur première année se déroule sans stress hydrique sérieux. (Lanier, 1986).

La régénération est compromise par une série de facteurs tels que : le pâturage, le développement de la couche herbacée, l'humidité, les futaies vieillissantes.

Le problème que connaît la régénération naturelle cèdre de l'Atlas est subdivisé d'après Lepoutre & Pujos (1964) en deux sous problèmes bien distincts :

- ✓ le problème de la germination de la graine ;
- ✓ le problème du maintien des semis, en particulier au stade de leur toute jeunesse, lorsque la plantule, âgée de quelque mois, doit traverser l'été, sans autres ressources en eau que celles acquises par le sol à la fin de l'hiver ou au début du printemps.

Abdessamed (1981), considère que la régénération du cèdre est sous la dépendance de deux facteurs principaux :

- La température, qui conditionne la germination ;
- L'humidité qui conditionne la survie des semis.

Ezzahiri & Belguazi (2000) dans leur synthèse des résultats de régénération du cèdre soulignent que cette régénération est liée à certains descripteurs, notamment les descripteurs topo climatiques et édaphiques, sylvicoles et structuraux (de la végétation), ainsi qu'à l'impact humain qui reste sans conteste, dans tous les milieux, l'élément majeur de la régression du cèdre.

1.7. Perturbations et ennemis du cèdre de l'Atlas

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

- (i) les perturbations localisées, comme les chablis, sont responsables des micro-hétérogénéités des peuplements ;
- (ii) les perturbations induites par la faune, notamment les grands vertébrés herbivores, ont joué un rôle déterminant, et longtemps méconnu, dans les processus de "dynamique des taches" ;
- (iii) les grandes perturbations abiotiques (incendies, tempêtes, inondations), qui se déroulent ordinairement sur des pas de temps assez longs, aboutissent à des

transformations plus nettes dans le paysage forestier et à de profondes discontinuités dans l'organisation des peuplements, accélérées par les impacts anthropiques accrus.

Fabre (1999), souligne que le cèdre de l'Atlas est sujet aux attaques d'un certain nombre d'insectes xylophages appartenant aux ordres des Coléoptères (Buprestidae, Scolytidae, Cerambycidae, Bostrychidae) et des Hyménoptères (Siricidae). En plus des insectes phyllophages (processionnaires et tordeuses) (Benhalima, 2006). Ce dernier auteur ajoute que les processionnaires pouvant s'attaquer au cèdre sont *Thaumetopoea bonjeani*, et *Thaumetopoea pityocampa*. La première vit exclusivement sur le cèdre et appartient au groupe des « processionnaires d'été » car elle effectue son développement larvaire du début du printemps au début de l'été. La deuxième, appelée aussi processionnaire du pin, appartient au groupe des « processionnaires d'hiver » car elle effectue son développement larvaire de la fin de l'été jusqu'au printemps suivant en s'abritant dans une sorte de bourse soyeuse blanche appelée « nid d'hiver ».

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

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

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

1.8. Importance du cèdre de l'Atlas et des cédraies

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

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

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

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

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

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

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

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

Chapitre 2 :
Étude de la structure des
peuplements forestiers

2. Etude de la structure du peuplement

2.1. Définition

Le peuplement forestier se définit comme une population d'arbres caractérisée par une structure et une composition homogènes sur un espace déterminé et qui résulte des facteurs naturels et de la sylviculture passée. C'est aussi une unité forestière que l'on peut décrire et cartographier.

Selon Charlo (2011), les arbres qui composent un peuplement partagent des caractéristiques semblables comme :

- L'espace, l'âge, la grandeur, la maturité, la santé, la densité et autres facteurs encore qui pourraient différencier cette superficie forestière des superficies juxtaposées ;
- L'information spécifique de chaque peuplement peut être utilisée pour déterminer le volume et la qualité du bois ou encore identifier des endroits avec un potentiel élevé d'habitat faunique ainsi que d'autres valeurs.

Pour décrire les peuplements, les forestiers font appel à plusieurs notions comme :

✓ La notion du « Régime » sous ses deux formes et qui résulte du mode de reproduction des espèces forestières : Le régime « **futaie** » obtenu lorsque la forêt se régénère par **semences** (futaie naturelle par germination des semences ou artificielle par semis et plantation) et le régime « **taillis** » qui représente le rajeunissement de la forêt par production de **rejets** ou **drageons** ;

✓ La notion de « traitement » : on peut parler de traitement « **régulier** » lorsque les arbres qui composent le peuplement sont d'âge et de dimension sensiblement identiques (forêt équienne) ; comme on peut parler de traitement « **irrégulier** », lorsque les arbres qui composent le peuplement sont d'âges et de dimensions différents. On distingue des traitements : de futaie irrégulière, de futaie jardinée et de taillis sous futaie ;

✓ La notion de consistance des peuplements, qui est fonction de la densité, de l'épaisseur et de la continuité de l'écran plus ou moins dense formé par les cimes des arbres. On distingue ainsi des peuplements à couvert denses, des peuplements à couvert clairs et des peuplements à couvert très clairs.

✓ La notion de composition, qui fait distinguer deux types de peuplements : « **pur** » lorsqu'il est formé par des arbres appartenant tous à la même espèce et « **mélangé** » s'il est formé par des arbres appartenant à deux ou plusieurs essences.

En résumé, ces quatre notions constituent la codification « grammaire » qui permet de décrire tous les peuplements forestiers (Anonyme, 2011).

Selon Favrichon & *al.* (1998), la description du peuplement forestier se fait par sa structure à un instant donné et par sa dynamique. Cette dernière est en général abordée à travers trois variables : mortalité, croissance et recrutement. Par contre la structure est caractérisée par la diversité floristique, la densité, la distribution diamétriques et les répartitions verticale et horizontale des tiges (Bourlière & Lamote, 1978 *in* Jdaidi, 2009).

2.2. La structure d'un peuplement

Selon Brassard *et* Chen (2010), le mot « structure » employé pour désigner la distribution des fréquences d'arbres par classes de diamètre (collectif d'auteurs) ou la répartition des surfaces terrières par classes de diamètre (Turnbull, 1963) ou encore la répartition de la biomasse entre le bois, les feuilles, les racines, etc. (Golley & *al.* 1969).

Le même auteur rajoute que Richards (1939) a donné à la structure le sens de la répartition en types biologiques et en strates, Puis (1940) celui de l'organisation architecturale de la forêt ; il en est de même pour Takeuchi (1961) et pour Grubb & *al.* (1963), Goldstein *et al.* (1972) emploient le mot structure pour désigner les groupements végétaux, Brûnig (1970) emploie l'expression stand structure pour différentes formations forestières dans le sens d'architecture du couvert et Jones (1945) l'avait fait aussi pour les forêts du Nigeria, en ajoutant l'idée de groupements d'âge.

D'après Walter (1979) *in* Jdaidi (2009), la structure des peuplements explique le mode d'organisation d'un écosystème ou de ses composants ; Goreaud (2000), la définit comme une représentation de l'organisation verticale et horizontale (spatiale) des différents éléments qui constituent le peuplement. Pour Dagnelie (1971), la structure d'un peuplement, c'est simplement l'histogramme du nombre de tiges par catégories de diamètres.

La structure des peuplements forestiers peut être élémentaire ou globale. Elle dépend de l'abondance, des caractéristiques et de l'agencement spatial des composantes végétales vivantes ou mortes d'un peuplement (Jetté & *al.* 2013a *in* Angers & *al.* 2014). Elle peut être évaluée à un temps donné, mais varie généralement en fonction du développement du peuplement et des perturbations naturelles ou anthropiques qui peuvent survenir (Angers *et al.*, 2014). Elle peut être définie selon McElhinny *et al.* (2005) en termes d'attributs structuraux et de complexité structurale.

2.3. Les attributs structuraux et de complexité structurale

Les attributs structuraux clés cités dans la littérature sont représentés en vertu des éléments qui composent le peuplement et sont résumés dans ce qui suit : le feuillage, la couverture de la canopée, le diamètre des arbres, la hauteur des arbres, l'espacement entre arbres, la biomasse, le sous-bois et le bois mort. Quant à la complexité structurale elle

englobe, les mesures des différents attributs déjà cités ainsi que leur présence et abondance sous formes de divers indices regroupés en trois types (McElhinny & al. 2005):

- Indices basés sur l'évaluation cumulative de ces attributs ;
- Indices basés sur l'évaluation des moyennes de ces attributs groupés ;
- Indices basés sur les interactions entre ces différents attributs.

Ngo Bieng (2008), note que les attributs structuraux sont choisis pour différents objectifs. Ils permettent en général de caractériser par exemple, la biodiversité d'un écosystème forestier donné ou encore un habitat pour un groupe faunique particulier, d'autres auteurs choisissent des attributs parce qu'ils sont faciles à modéliser et à utiliser, leurs utilisation permet l'établissement d'un lien avec d'autres attributs structuraux plus complexes. Dans d'autres cas, des attributs sont choisis parce qu'ils permettraient de faire un lien avec la dynamique du peuplement (Condit *et al.* 1998).

2.4. Les types de structure

Un peuplement forestier se caractérise par une structure diamétrique, horizontale et verticale. Ces structures sont les témoins de la dynamique du peuplement (Puig, 2001 in Bocquet, 2013).

Ces trois types de structure permettent la description des peuplements sur le plan structurale et d'après Ashton & Hall (1992), de les distinguer selon des facteurs biotiques ou abiotiques.

2.4.1. La structure verticale du peuplement

La structure verticale, se définit comme « la configuration de bas en haut de la végétation aérienne dans un peuplement forestier » (Brokaw & Lent, 1999 in Brassard & Chen, 2010).

Cette structure verticale représente ainsi la distribution des individus par classes de hauteur. Elle renseigne sur la richesse du site.

2.4.2. La structure horizontale du peuplement

La structure horizontale correspond à la distribution des arbres en fonction de leur répartition par unité de surface. Elle rend compte de la répartition des individus dans le plan horizontal.

Favrichon & al. (1998) note que l'étude de la structure horizontale est importante car cette répartition résulte des mécanismes de fonctionnement des espèces (mode de régénération, sensibilité aux facteurs du milieu, compétition, ...).

2.4.3. La structure diamétrique totale

La structure diamétrique d'un peuplement correspond à la répartition des arbres par classe de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) (Rondeux, 1993), en prenant en compte tous les individus, toutes espèces confondues (Rollet, 1974). Elle subit des changements dynamiques, conséquences de la croissance des arbres, du recrutement de nouvelles tiges et de la mortalité (Lussier & *al.* 2012). Elle est porteuse d'information sur la stabilité (équilibre) du peuplement. Elle peut également être établie par espèce et l'on parle alors de structure spécifique. Beaucoup d'auteurs choisissent pour des raisons pratiques, des classes de taille constante d'amplitude égale à 5 ou 10 cm.

Trois principaux types de structure diamétrique (fig.3) sont cités par Smith & *al.* (1997) in Boucher (2003):

- la structure « régulière », présentant une distribution unimodale en forme de « cloche » (distribution gaussienne), peuplements équiennes, composés d'arbre d'âges et de diamètres adjacents ;
- la structure dite « irrégulière », dans laquelle les arbres appartiennent à plusieurs classes de diamètre ;
- la structure en « J » inversé, celle dont les tiges les plus abondantes sont inférieures à 10 cm. On a une décroissance régulière du nombre de tiges quand on passe d'une classe de diamètre à la suivante.

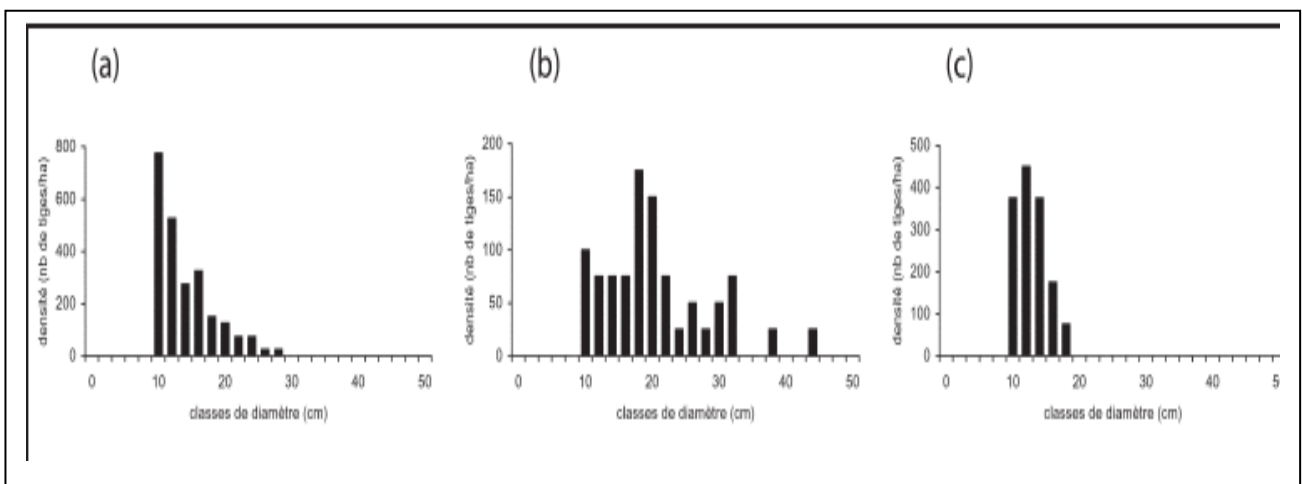


Fig. 3:Distributions diamétrales correspondant aux trois principaux types de structure de peuplement : (a) structure en « J » inversé, (b) structure irrégulière et (c) structure régulière (source : Boucher, 2003).

2.5. Méthodes d'étude de la structure d'un peuplement forestier

D'après Angers & al. (2014), les caractéristiques structurales d'un peuplement forestier peuvent être évaluées à partir d'éléments plus tangibles et généralement plus facilement mesurables que les caractéristiques fonctionnelles (qui impliquent des processus) et que la diversité de composition (qui peut demander l'échantillonnage et l'identification de multiples espèces végétales et animales). Puisque les caractéristiques fonctionnelles et la composition sont intimement reliées aux caractéristiques structurales, on peut obtenir de l'information sur les premières à partir de mesures de la structure.

Spellmann (1995) *in* Schütz (1997) préconise 5 éléments pour caractériser la structure d'un peuplement forestier (fig.4) :

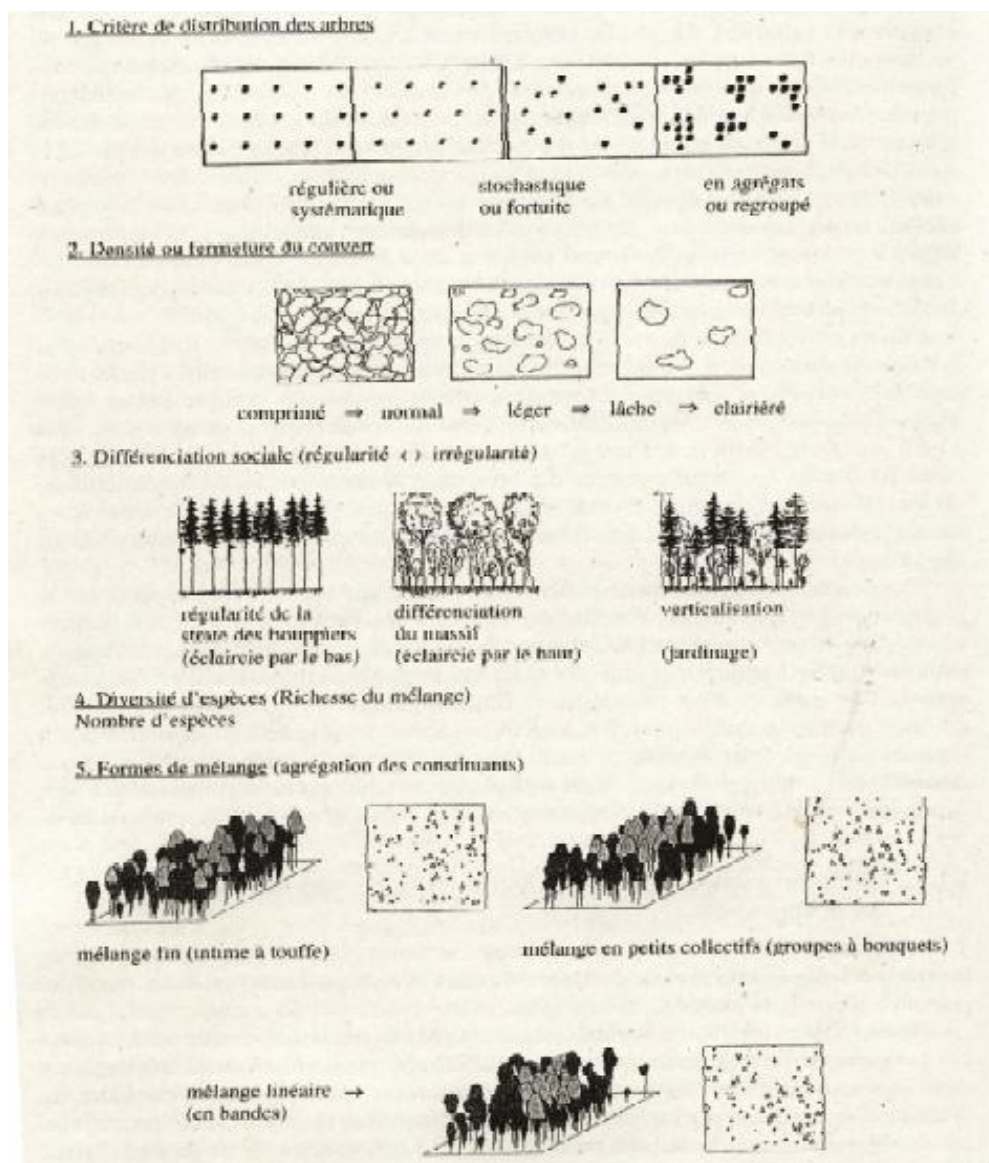


Fig. 4: Eléments de détermination de la structure des peuplements (source : Spellmann, 1995 *in* Schütz, 1997).

- ✓ Le critère de distribution des arbres (régulière, stochastique ou en agrégats) ;
- ✓ La densité du peuplement et ou le degré de fermeture du couvert ;
- ✓ Leur différenciation sociale ;
- ✓ La diversité spécifique ou richesse du mélange (peuplement mono spécifique ou plurispécifique) ;
- ✓ Formes de mélange ou agrégation des constituants (dimension et forme);

2.6. Mesure de la structure

Plusieurs paramètres sont pris en compte pour mesurer de la structure d'un peuplement :

2.6.1. La hauteur de l'arbre

La hauteur de l'arbre est la distance verticale séparant le niveau du sol du sommet de l'arbre (bourgeon terminal). La mesure de la hauteur renseigne sur l'importance de la compétition, de la régénération ainsi que sur les perturbations du milieu (feux, pâturages). On peut alors cerner si la dynamique forestière est en progression ou en déclin (Bocquet, 2013). C'est un excellent indice de la fertilité du site et donne une idée sur la croissance d'un peuplement. Elle est mesurée à l'aide d'un dendromètre (fig. 5).

2.6.2. Hauteur dominante

Selon Parde & Bouchon (1988), la hauteur dominante est considérée comme étant la hauteur moyenne de (n) plus gros arbres pour des stations d'étude de (n) ares de superficie. Par ailleurs, elle est considérée comme étant un critère indicateur de la fertilité stationnelle.

2.6.3. Le diamètre de l'arbre

La mesure la plus élémentaire dans tout inventaire forestier est le diamètre des arbres, qui est un critère qui permet de différencier les peuplements. Il est mesuré sur l'écorce à hauteur de poitrine, à 1,30 m au-dessus du sol. La distribution par classes de diamètre donne une image instantanée de ce peuplement (Riera, 1995 in Bocquet, 2013).

Diverses irrégularités sont rencontrées au niveau 1.30m des troncs des arbres à mesurer des contreforts, Rondeux (1999) propose la procédure de mesure illustrée au niveau de la figure (6).

2.6.4. La hauteur ou la longueur du houppier

Le houppier représente la position « sociale » de l'arbre dans le peuplement et le potentiel de croissance, relativement aux autres arbres (Deleuze, 1996 in Adili 2012)

Pour la hauteur du houppier plusieurs conventions peuvent être prises quant à la fixation de la base du houppier : première grosse branche vivante, niveau inférieur du feuillage, etc.

dans le cas des conifères un critère intéressant à utiliser pourrait être le premier verticille rencontré qui comporterait au moins 75 % de branches vivantes (Rondeux, 1999).

2.6.5. Le diamètre du houppier

Ce paramètre permet de calculer le degré de couverture des individus sur l'ensemble de la station. Un houppier se développant d'autant plus que l'arbre dispose de plus de place (Rondeux, 1999).

Le rapport entre la hauteur du houppier et son diamètre ou la hauteur totale de l'arbre, sont des critères assez souvent utilisés dans des études de compétition entre sujets dans un peuplement (Rondeux, 1999).

2.6.6. La Surface terrière

Dans le cas d'un arbre, c'est la superficie d'une coupe transversale au DHP. Dans le cas d'un peuplement, c'est la somme des surfaces terrières des arbres dont est constitué le peuplement. S'exprime en mètres carrés à l'hectare (Charlo, 2011).

La surface terrière est un meilleur indicateur de la densité du milieu ou le degré de remplissage de la forêt, On l'utilise pour estimer la richesse du peuplement et peut également fournir d'autres informations pertinentes (Gaudin, 1996). Elle s'exprime généralement par hectare.

Lorsqu'on regarde la section horizontale d'un arbre, on l'assimile souvent à un disque. Calculer la surface terrière d'un arbre revient alors à calculer la surface du disque ayant le même diamètre que le tronc, c'est-à-dire :

Où r : est le rayon,

d : le diamètre

g : la surface terrière.

$$g = \pi r^2 = \pi d^2 / 4$$

2.6.7. La Densité

La densité du peuplement est l'effectif par unité de surface. C'est une caractéristique intensive discrétisée en classes de densité de peuplement. Selon Favrichon (1998), ce paramètre est un descripteur de base de l'état de la parcelle et un indice simple de la compétition moyenne dans le peuplement

Gaudin (1996) suggère que pour déterminer la densité sur le terrain, on peut :

- **Inventorier le peuplement**, c'est-à-dire procéder à un comptage intégral ou partiel (inventaire statistique) des arbres sur une surface donnée ;
- **Compter localement le nombre d'arbres** sur une petite station quand le peuplement est suffisamment homogène ;

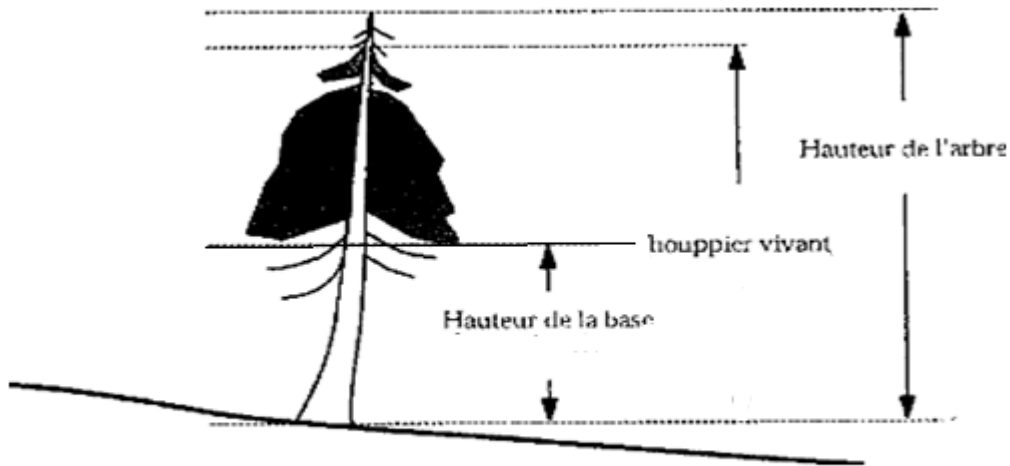


Fig. 5 : Mesure des hauteurs dans le cas des résineux (source Rondeux, 1999).

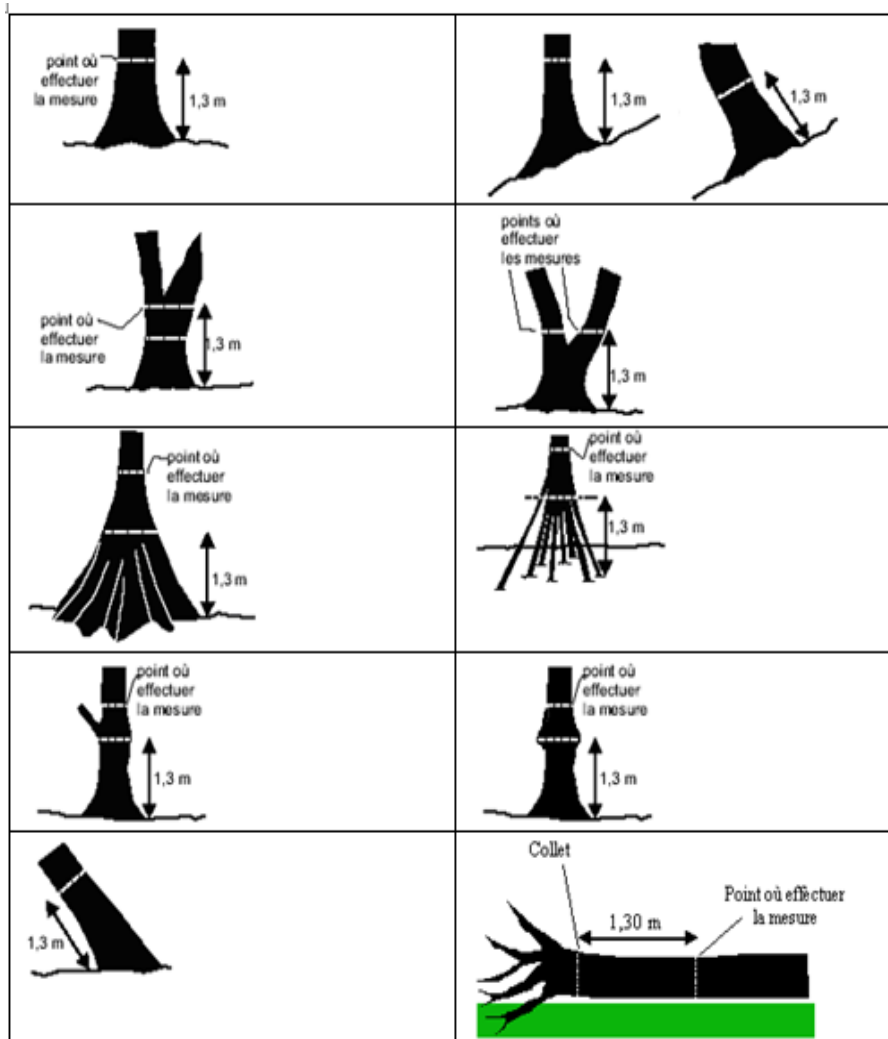


Fig. 6: Niveaux de mesure de la grosseur des arbres en situations particulières (source Rondeux (1999).

- **Estimer l'écartement moyen entre les tiges** et en déduire la densité.

2.7. Intérêt de l'étude de la structure

D'après Angers & al. (2014), les forestiers et les écologistes s'intéressent de plus en plus à décrire et à mesurer les différentes composantes de la structure des peuplements forestiers, notamment parce que la structure et la biodiversité sont intimement liées. En effet, la structure des peuplements influence les conditions microclimatiques qui y prévalent et détermine la nature et la diversité des habitats disponibles (Jetté et al. 2013 in Angers et al. 2014).

L'étude de la structure d'un peuplement permet la connaissance, dans l'espace et dans le temps de la position des individus de toutes tailles et tous âges constituant la communauté, ce qui conduit à la compréhension des interactions entre ses différents composants et le contrôle du fonctionnement de l'écosystème (Bourlière & Lamote, 1978 in Jdaïdi, 2009).

La meilleure description des structures et de leurs évolutions avec le temps permettraient des progrès en matière d'inventaire et de conduite des peuplements forestiers ; mais, comme toujours, une meilleure description entraîne, ou est déjà, une connaissance plus profonde qui peut donc servir dans bien d'autres domaines (Bouchon, 1987).

L'étude et ou la caractérisation de la structure d'un peuplement, permettrait en effet une meilleure compréhension de la dynamique forestière et constituerait, de ce fait, une base au développement de nouvelles stratégies sylvicoles. Elle permettrait en outre de cibler plus adéquatement les aménagements à effectuer tout en maintenant l'intégrité écologique des écosystèmes et ouvrirait la porte à la planification d'aménagement forestier sur une base régionale (Boucher, 2003).

Chapitre 3 :
Aperçu sur la région d'étude

3. Aperçu sur la zone d'étude

3.1. Description de la région d'étude

Le massif du Djurdjura s'étend sur une longueur d'environ 60 kilomètres, de Tizi-Djaboub (1185m) à l'Ouest, jusqu'à Tizi-n'Chriaa (1231 m) à l'Est. Elle se compose en réalité de deux chaînes, étroitement unies, formant une crête continue, dont les dépressions se maintiennent au-dessus de 1600 mètres d'altitude sauf dans la partie orientale (Chellata) (Ficheur, 1890).

Le massif domine, vers le sud, les plaines de Bouira et la vallée de la Soummam. Vers le nord il domine la haute Kabylie constituée par les massifs métamorphique à l'Est ; les vallées étroites parallèle à la chaîne en son centre, et la grande dépression de Mechtras, Boghni, Draa El Mizane à l'Ouest (Abdesslam, 1995).

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

- ✓ Le massif occidental de Hizer (2164m à Tachgagalt) ;
- ✓ Le massif central d'Akouker (2305 m à Ras Timedouine) ;
- ✓ Le massif oriental, Lalla Khedidja (2308 m).

La cédraie au Djurdjura chevauche les départements de Tizi-Ouzou et de Bouira. C'est une zone de montagnes très escarpée, constituée de plusieurs chaînes calcaires composées de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés. Les sols sont de deux types, calcimagnésiques peu évolués et bruns forestiers acides. Le Djurdjura renferme deux cédraies bien venantes culminant à 1 450 m d'altitude : Tikjda en exposition sud et Tala Guilef en exposition nord (Rabhi & al. 2014), et la cédraie des Ait - Oubane qui est la plus conservée.

3.1.1. Hydrographie

Abdesslam (1995) a considéré les précipitations importantes au niveau du Djurdjura et ses sommets enneigés pendant plusieurs mois de l'année, comme un château d'eau de qualité, et les pluies sont vite absorbées et gagnent rapidement des réservoirs souterrains, avant de réapparaître aux points les plus bas des escarpements rocheux.

La neige est la caractéristique du Djurdjura, l'eau est stockée comme dans le barrage.

Le nombre de sources recensées est de 332 avec débit allant de 0,01 à 424 l/s (cas de source Tinzirt avec un débit de 424 l/s), source noire (180 l/s), Aghbalou (60 l/s), Tiskra (40 l/s) et (Ainseur mendes et Tebout) avec même valeur de 30 l/s.

3.1.2. Géologie

Le massif du Djurdjura est constitué par un ensemble sédimentaire, correspondant à une couverture plissée et fracturée du socle cristallophyllien de grande Kabylie. Cette

couverture est formée essentiellement avec des calcaires, des marnes, des grés et des poudings.

Dans certaines régions, les terrains sont structurés avec des grés, pour d'autre avec des marnes, et d'autres encore avec des conglomérats ou poudings (Abdesselam, 1995).

Une partie des terrains s'est formée dans le courant de l'ère primaire, mais la plupart appartiennent aux ères secondaires et tertiaires (Flandrin, 1947 *in* Krouchi, 1995).

3.1.3. Pédologie

Benmoufok (1994), discrimine selon le substratum deux principaux types de sols pour le Djurdjura:

- ✓ Des sols bruns forestiers acides, de type A(B) C, situés dans la zone de Tikjda sur le versant sud sur substratum géologique gréseux;
- ✓ Des sols peu évolués de type A/C, généralement calcimagnésiques sur roche mère calcaire, d'une faible à moyenne profondeur qui se localisent sur le versant nord.

Bensaad & Belhacen (1989) ont décrit pour la région de Thala Guilef des sols brun acide avec une couche importante d'humus sous les futaies de cèdre.

3.1.4. Végétation

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

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

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

3.1.5. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

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

3.2. Zone d'étude

Notre étude s'est déroulée dans deux régions forestières contiguës du Nord-Ouest du Djurdjura : Thala Guilef et Thabourth El Ainsar. Elles sont distantes de la mer d'environ 47 km à vol d'oiseau.

❖ La région forestière de Thala Guilef

Cette région se trouve confinée entre trois lignes de crête en l'occurrence (fig.7) :

- La ligne de crête du grand massif calcaire de Hizer qui est la ligne la plus haute ;
- La ligne de crête de Thala Guilef appelée aussi « ligne de crête de Draa Inguel » (dont l'exposition sud fait face au grand massif de Hizer et l'exposition nord fait face à la ligne de crête de Thazrout Thamellalt);
- La ligne de crête de Thazrout Thamellalt (dont l'exposition sud fait face à la ligne de crête de Thala Guilef et l'exposition nord, qui est escarpée, surplombe la vallée de Thabourth El Ainsar).

Ces deux lignes de crête Thala Guilef et Thazrout Thamellalt convergent vers le pic des cèdres.

Cette topographie de trois lignes de crête (Hizer, Thala Guilef et Thazrout Thamellalt) a formé deux vallées :

- La vallée d'Acif Achemlili entre Hizer et Thala Guilef ;
- La vallée d'Acif Béni Mendas entre Thala Guilef et Thazrout Thamellalt.

A Thala Guilef la cédraie la plus dense et la plus importante se trouve de part et d'autre de la ligne de crête de Thala Guilef (Draa Inguel) surtout sur le versant nord suite à un déblaiement du sol lors de l'ouverture du chemin qui relie l'hôtel au restaurant d'altitude. Bien que des pieds isolés soient aussi présents à plus haute altitude au-delà de 2000m d'altitude sur le plateau du mont de Hizer.

Dans l'ensemble, nous avons repartie cette cédraie en trois marges :

- La marge inférieure (de basse altitude entre 1300 et 1400m) représentée par une formation mixte « cèdre-chêne vert » ;
- La marge moyenne (entre 1500 et 1700m) représentée par une cédraie pure avec la présence de rares pieds de chêne vert ;
- La marge sommitale représentée par une cédraie de haute altitude (au-delà de 1700m) sous forme de gros sujets tabulaires âgés avec la présence de quelques plages de régénération.



Fig. 7 : localisation des deux régions forestières étudiées sur image de Google Earth du 9/4/2014.

❖ **La région forestière de Thabourth El Ainsar**

Cette région se trouve confinée entre deux lignes de crête en l'occurrence celle de Thazrout Thamellalt au nord et celle de Tarzous Bou Arrous au sud formant la vallée de Thabourth El Ainsar.

La ligne de crête Tarzous Bou Arrous a deux variantes : une orientée vers le sud c.-à-d. vers Thabourth El Ainsar, l'autre orientée vers le nord du côté d'Ait Bouadou. Cette ligne de crête converge vers le massif de Hizer.

A Thabourth El Ainsar, la cédraie s'étend entre deux altitudes : 1300m vers l'oued et 1700m vers Thizi Badhou. Cette une cédraie encaissée qui bénéficie de facteurs de compensation du milieu par la présence de plusieurs points de chutes d'eau le long des escarpements de la partie nord du pic des cèdres et du mont Thajgagalt suite à la fonte de blocs de neiges formés durant l'hiver. Cette cédraie n'a pas fait l'objet d'études antérieures.

3.2.1. Description des stations de la cédraie Thala - Guilef

Dans la région de Thala - Guilef nous avons échantillonné 18 stations dans la cédraie de basse, de moyenne altitude et de haute altitude (fig.8).

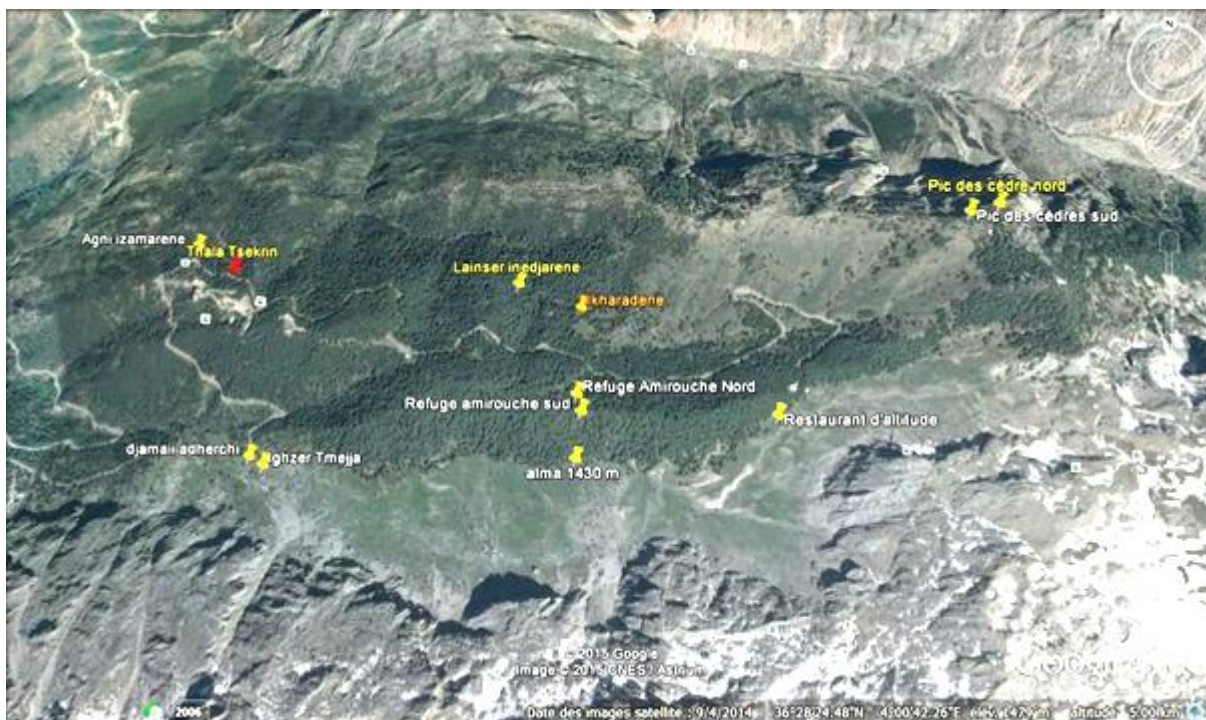


Fig. 8 : Localisation des stations de la cédraie Thala Guilef sur image de Google Earth du 9/4/2014

3.2.1.1. Cédraie mixte de basse altitude

a) Station Djamaa Adherchi :

Située en exposition Nord à 1300m d'altitude dans la région forestière de Thala-Guilef, au piémont du gros massif de Hizer qui a créé un milieu écologique favorable au bon développement du cèdre si il n' y avait pas une forte action anthropique du fait que la station étudiée est située en amont d'une source très fréquentée (source Djamaa Adherchi). Elle est caractérisée par une pente moyenne d'environ 25 %, un recouvrement allant de 0 à 25% marquant une ouverture du milieu et un sol superficiel brun grumeleux de pelouse sur substrat rocheux.

Cette cédraie marquant la limite inférieure du cèdre, est une formation mixte dont le recouvrement du cèdre est plus important que celui du chêne vert. Le cortège floristique qui suit les deux espèces dominantes est composé de :



Photo 01 : Station Djamaa Adherchi

Crateagus laciniata, *Acer monspessulanum*, *Prunus prostrata*, *Rubus Ulmifolius*, *Lonicera etrusca*, *Berberis hispanica*, *Rosa canina*, *Ampelodisma mauritanica*, *Geranium robertianum*, *Eryngium tricuspdatum*, *Viscia sp.*, *Carlina gummifera*.

b) Station Ighzer Tmejja :

La station d'Ighzer Tmejja est située à 1330 m d'altitude en exposition Nord en bas du mont de Hizer avec une inclinaison du terrain de 44%, elle est caractérisée par une dynamique pré forestière et bénéficie de la même ambiance que celle de Djamaa Adherchi dont elle est une continuité et du même Cortège floristique.



Photo 2 : Station Ighzer Tmejja

c) Station Agni Izamaren

Elle est située en exposition Nord-Ouest à 1366m d'altitude. C'est une cédraie mixte à chêne vert caractérisée par un couvert plus au moins fermé d'environ 25 à 50% et une pente de 36%. Le sol est de type forestier avec quelques affleurements rocheux. En plus du cèdre et du chêne vert, on retrouve également plusieurs arbustes et herbacées comme :

Dans cette station la pression anthropique est intense comme indiqué par les traces de surpâturage et de coupes de bois du fait de sa proximité de la route. En plus des travaux sylvicoles comme l'élagage.



Photo 3: Station Agni Izamaren

Sontolina rosmarinifolia, *Genista tricuspdata*, *Scolymus grandiflorus*, *Cirsium casabonea*, *Juniperus oxycedrus*, *Phlomis bovei*, *Cytisus triflorus*, *Asphodelus microcarpus*, *Rosa canina*, *Rosa sicula*, *Artemisia absinthium*, *Ferula communis*, *Galium rotundifolium*, *Crataegus azarolus*, *Plantago coronopus*.

d) Station de Tala Tsekrin

C'est une cédraie mixte en exposition Nord-Est, située à 1400m d'altitude, avec une pente d'environ 60%. La strate arborescente est occupée en majeure partie par le chêne vert avec la présence du cèdre dominant par la taille et non pas par le nombre avec un recouvrement de 25 à 50%. La pression anthropique (feu ordures, coupes) et le phénomène d'érosion (arbres déchaussés) créent des trousés favorisant l'incursion de *Genista tricuspidata*.

En plus de toutes ces espèces citées auparavant il y a également la présence de beaucoup de sous-bois composé de : l'origan (espèce des milieux humide), *Rubus ulmifolius*, beaucoup de *Cytisus triflorus*, *Crataegus laciniata*, *Lamium sp*, *Galium rotundifolium*, *Ferula communis*, *Santolina rosmarinifolia*, *Sanguisorba sp*, *Rosa canina*, *Pteridium aquilinum*, *Vicia sp*, *Acanthus mollis*, *Anthemis montana*, *Geranium atlanticum*, *Rumex sp*, *Plantago coronopus* et *Arabis alpina*.

Le sol est de type forestier, un peu profond avec la présence de quelques affleurements rocheux.

Des mousses et des lichens indiquent par leur présence que cette station est fraîche avec un sol humifère et favorable à la régénération par semis de plusieurs espèces qui partagent l'espace avec le cèdre.



Photo 4 : Station de Tala Tsekrin

e) Station Ikharraden

Situé en exposition Sud à 1431m d'altitude en contrebas de la crête Tazrout Thamellalt qui s'oppose à la cédraie de Drâa Inguel (crête de Thala Guilef) sur une pente avoisinant les 24%. Le sol est un peu profond et de type brun forestier, avec la présence de quelques affleurements rocheux.

Dans cette station thermophile on a noté la présence d'un taillis de chêne vert sous le cèdre formant un recouvrement clair (25 à 50%), avec la dominance de trois espèces qui constituent l'essentiel du cortège en l'occurrence : *Cytisus triflorus*, *Calycotume spinosa* et *Genista tricuspidata*, *Galium rotundifolium*, *Rubus ulmifolius*, *Cirsium casabonae*, *Juniperus oxycedrus*, *Asphodelus microcarpus*, *Euphorbia luteola*, *Geranium purpureum*, *Echinops spinosus*, *Thymus numidicus* (= *algeriensis*).

Des signes de forte présence de l'homme et de ces troupeaux ont été observés dans cette station, en plus des pratiques sylvicoles (élagage) et de la présence de nids de chenilles sur la plupart des cèdres.



Photo5 : Station Ikharraden

f) Station Lainser Inedjaren :

La station Lainser Inedjaren est une cédraie mixte fraîche et dense située à 1430m d'altitude en exposition Nord, avec un taux de recouvrement de plus de 75% et une pente forte avoisinant les 70%. Le sol est de type brun humifère profond sur lequel s'est développé un cortège floristique assez riche.

Cette station est située à 20 m de la station où l'on trouve une espèce rare qui est le *Taxus baccata* au-dessus d'un cours d'eau appelé Acif Béni Mendas.

La présence de l'eau dans ce milieu a favorisé l'augmentation du taux d'humidité et le développement de beaucoup de mousses et de lichens ainsi que la régénération de plusieurs espèces comme l'érable, le merisier et le grand houx. C'est la station la plus conservée et la moins anthropisée.

Cette ambiance forestière humide qui règne favorise aussi, en plus de *Cedrus atlantica* le développement de *Ilex aquifolium* qui est très abondant, et de divers espèces éparses, telle que : *Prunus avium*, *Quercus faginea*, *Acer obtusatum*, *Acer monspessulanum*.

Sous ce couvert dense on a noté la rareté de la strate herbacée constituée par : *Asplenium adiantum nigrum* (petite fougère), *Pteridium aquilinum* (la grande fougère qui renseigne sur l'acidité du sol selon Zeraia 1981 in Medour 1994), *Rubus ulmifolius*, *Viola odorata*, *Daphne laureola*, *Gallium rotundifolium*, *Potentilla micrantha*, *Arabis alpina*, *Ruscus aculeatus*, *Phlomis boveï*, *Hedera helix*, *Salix pedicellata*.



Photo 06 : Station Lainser Inedjaren

g) Station Alma :

C'est une cédraie mixte à dominance du cèdre située à 1444m d'altitude en exposition sud, échantillonnée en lisière, sur une pente d'environ 26%, à proximité d'un cours d'eau qui est celui d'Acif Achemlili en contrebas de la crête de Thala Guilef et qui fait face au grand massif de Hizer.

Sur sol superficiel et rocailleux apparait un couvert assez clair constitué essentiellement de *Cedrus atlantica* avec de rares pieds de chênes accompagnés de : *Phlomis boveï*, *Asphodelus microcarpus*, *Genista tricuspidata*, *Berberis hispanica*,

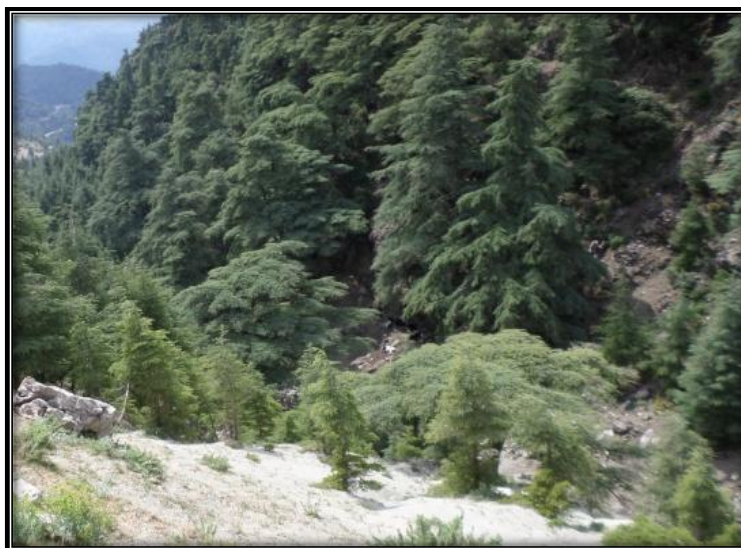


Photo 07 : Station Alma

Prunus prostrata, *Cirsium casabonae*, *Rosa canina*, *Asphodelus microcarpus*, *Euphorbia luteola*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus laciniata*.

On a noté également au niveau de cette station la présence de nids de chenilles sur les cèdres, des signes de surpâturage et de présence humaine ainsi que des traces de travaux sylvicoles (élagage).

3.2.1.2. Cédraie pure de moyenne altitude

a) Station Restaurant d'altitude :

La station Restaurant d'altitude est une cédraie pure située à 1562m d'altitude, en exposition sud de la crête de Thala Guilef, située en lisière, au voisinage d'Acif Achemlili du côté opposé du grand massif de Hizer.

Dans cette station sol est brun rocailleux, un peu profond moins riche en sous-bois, Le recouvrement est assez claire (taux de recouvrement 25 à 50%) et la pente d'environ 30%.

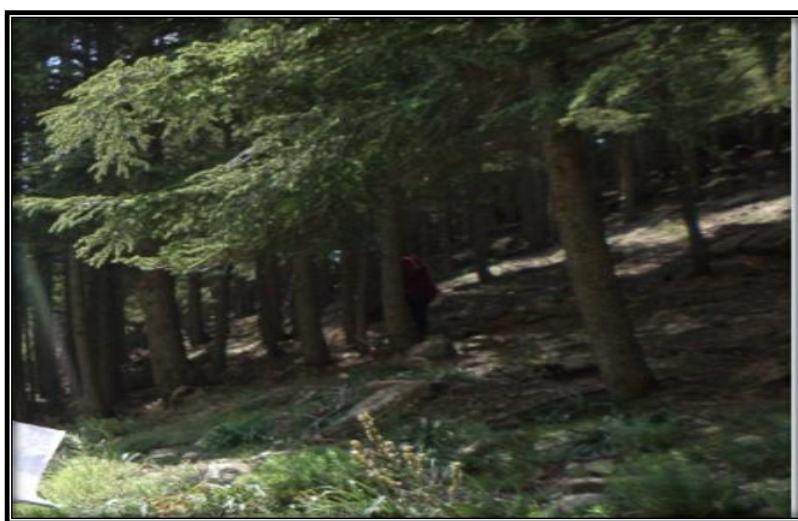


Photo 8 : Station Restaurant d'Altitude

En plus du cèdre, la végétation qui s'est installée est notamment arbustive et herbacée dont nous citons : *Asphodelus microcarpus*, *Juniperus oxycedrus*, *Genista tricuspidata*, *Berberis hispanica*, *Prunus prostrata*, *Cirsium casabonae*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus laciniata*, *Daphne gnidium*, *Thymus numidicus*, *Convolvulus sp*, *Helianthemum sp*.

Des traces d'arbres morts, coupés, brûlés et de semis rabougris ont été observés dans la station confirmant ainsi la forte présence de l'homme et de son bétail dans cette station.

b) Station Refuge Amirouche

Deux stations contrastées ont été échantillonnées dans la cédraie pure (cédraie millénaire) à même altitude (1566m), mais à deux expositions différentes (Nord et Sud) à l'endroit appelé Refuge Amirouche situé sur la ligne de crête de Thala Guilef.

c) Station Refuge Amirouche Nord

Elle est localisée en exposition Nord avec une pente d'environ 60%. La couverture arborée est composée essentiellement de vieux cèdres aux cimes tabulaires, aux houppiers

bien développés avec de gros diamètres du tronc accompagnés d'un tapis herbacée clair voire absent par endroits, sur sol brun humifère profond en présence d'affleurements rocheux de type conglomérats.

L'ouverture de la strate arborée occupée principalement par le cèdre, laisse apparaître plusieurs taches de régénération composés par plusieurs bouquets ou cohortes de cèdre, quelques semis de chêne zeen et de chêne vert ainsi que quelques pieds d'*Ilex aquifolium*.



Photo 9 : Station Refuge Amirouche Nord

Le tapis herbacé est constitué de : *Ruscus aculeatus*, *Asplenium adiantum nigrum* (petite fougère), *Pteridium aquilinum* (grande fougère), *Galium rotundifolium*, *Potentilla micrantha*, *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*, *Senecio perralderiani*, *Geranium atlanticum*, *Cyclamen africanum*, etc.

Cette station aussi a été sujette à différentes interventions sylvicoles (élagage), au surpâturage (présence de beaucoup de semis broutés), aux coupes (arbres morts par terre) et aux incendies (trace de feu et de napalm).

d) Station Refuge Amirouche Sud

Elle est orientée au sud face au grand massif de Hizer présentant le même pourcentage d'inclinaison du terrain et le même type de sol que la précédente. En plus des vieux individus de cèdre aux cimes tabulaires, il y a de rares pieds de chêne vert chétifs. Là également on a observé plusieurs petites taches de régénération du cèdre et du chêne vert dans les trousés créées par l'ouverture du couvert assez dense occupées aussi *Cytisus triflorus*, *Genista tricuspidata* et beaucoup *Asphodelus microcarpus*. On a également noté la présence de *Galium rotundifolium*, *Cirsium casabonae*, *Senecio perralderiani* et *Cyclamen africanum*.

L'action anthropique a laissé aussi son empreinte dans cette station, à laquelle il faut rajouter le phénomène d'érosion accentué par la pente forte (présence d'arbres dessouchés).



Photo 10 : Station Refuge Amirouche Sud

3.2.1.3. Cédraie pure de haute altitude

Cette formation forestière est représentée par deux stations contrastées échantillonnées à une même altitude (1818m) mais à deux expositions différentes (Nord et Sud) à l'endroit appelé Pic des cèdres lieux de rencontre des deux lignes de crêtes : celle de Thala Guilef et celle de Tazrout Thamellalt.

Le versant nord du Pic donne un escarpement vers Thabourth El Ainsar et le versant sud, fait face au gros massif forestier de Hizer. C'est la ligne de partage des eaux qui sépare ces deux stations.

a) Pic des cèdres sud

Située sur crête orientée vers le sud-ouest et caractérisée par une pente de l'ordre de 20%, une vieille strate arborescente à couvert très clair composée uniquement de quelque pieds de cèdre aux cimes tabulaires avec quelques taches denses de régénérations favorisées par la persistance de la neige par endroits. D'importants affleurements rocheux qui couvrent le sol empêchent l'installation de la strate herbacée



Photo 11 : Pic des cèdres sud

b) Pic des cèdres Nord

Situé en exposition Nord toujours sur crête avec 25% de pente. Contrairement à la précédente, cette station est une jeune cédraie pure à couvert claire issue de la régénération qui a échappé à l'action humaine, groupés en cohortes denses le long d'un talweg et claires avec des fûts bien dressés n'ayant pas encore perdu leurs flèches terminales.



Photo 12 : Pic des cèdres Nord

Là aussi la strate herbacée n'est pas très développée, les herbacées les plus fréquentes sont : *Festuca atlantica* et *Asphodelus microcarpus*.

3.2.2. Description des stations de la cédraie Thabourth El Inser

Dans la région Thabourth Al Ainsér nous avons échantillonné six stations dans la cédraie de basse et de moyenne altitude, avec des variantes d'expositions et des situations différentes. Le choix de ces stations a été conditionné par la possibilité d'accès au milieu (fig.9). L'action anthropique sévit avec intensité dans ces six zones étudiées.

a) Station Ifri Bagour I

La station d'Ifri Bagour I est située à 1320 m d'altitude en exposition Nord – Est en bas fond de la vallée Thabourth El Ainsér.

Cette station est composée d'arbres isolés qui possèdent des flèches terminales droites et des branches basales persistantes sur la plupart d'entre eux.

La végétation qui s'y développe dans cette zone, en plus du cèdre de l'Atlas, est composée essentiellement: d'un pied d'*Ilex aquifolium*, un pied de *Juniperus oxycedrus* et une dizaine des semis de *Berberis hispanica*, *Cotoneaster racemiflora*, *Asphodelin lutea*, *Astragalus armatus*, *Balanica glabirina*, *Crataegus laciniata*, *Prunus prostrata*, *Ferula communis*, *Phlomis bovei*, *Daphne laureola*, *Ruscus aculeatus*, *Vincetoxicum*, *Convolvulus officinalis*, *Galium*, *Artemisia absinthium*, *Satureja montana*, *Acerola odorata*, *Companula sp.*, *Bupleurum spinosa*, *Ampelodesma mauritanica*.

C'est une cédraie pure et fraîche caractérisée par un couvert très clair (moins de 25%) et une pente de 20%. Le sol est rocailleux avec beaucoup d'affleurements rocheux ce qui a empêché l'installation du sous-bois qui n'est pas abondant.



Photo 13 : station Ifri Bagour I

b) Station Imoula I

La station Imoula I est une cédraie pure située à 1320m d'altitude, en exposition sud, du côté opposé du versant nord de la crête Thazrout Thamellalt. Le recouvrement du terrain est peut dense (25 à 50%), la pente est un peu plus forte (50%) et le sol est un mélange de roches (éboulis) et d'une couche de matière organique peu profonde



Photo 14 : Station Imoula I

D'autres espèces accompagnent le cèdre dans cette station et qui sont essentiellement : *Juniperus oxycedrus*, *Berberis hispanica*, *Ulmus campestris* (orme), *Ampelodesma mauritanica* (abondant), *Potentilla micrantha*, *Vincetoxicum*, *Asphodeline lutea*, *Galium mollugo*, *Ferula communis*, *Euphorbia luteola*, *Asphodelus microcarpus*, *Cirsium casabonae*, *Eryngium tricuspdatum*, *Daphne laureola*, *Phlomis bovei*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Lonicera etrusca*, *Astragalus armatus*, *Prunus prostrata* et quelques semis de *Quercus rotundifolia*.

c) station Semdh Azeggagh

C'est une cédraie pure de moyenne altitude située à 1469m en exposition Sud-ouest. La pente est de l'ordre de 41% et le substrat est représenté par des grès rouges et des marnes. La végétation qui accompagne le cèdre dans cette station est composée de :



Photo 15 : station Semdh Azeggagh

Asphodelus microcarpus, *Euphorbia luteola*, *Prunus prostrata*, *Ampelodesma mauritanica*, *Crataegus laciniata*, *Juniperus oxycedrus*, *Berberis hispanica*, *Ferula communis*, *Cirsium casabonae*, *Artemisia absinthium*, *Phlomis bovei*, *Ulmus campestris*, *Cytisus triflorus*, *Astragalus armatus*, *Asphodeline lutea*, *Euphorbia luteola*, *Vincetoxicum*, *Daphne gnidium*, *Atractylis gummifera*, *Sedum sp*, *Anagallis cerulean*.

d) Station Ifri Bagour II

La station d'Ifri Bagour II, représente une cédraie pure en exposition Nord et située à 1350m d'altitude sur une couche de sol peu profonde, une pente forte d'environ 56 % (ce qui a provoqué une forte érosion). La densité des arbres est faible et le couvert est très clair.



Photo 16 : Station Ifri Bagour II

En plus du cèdre et du grand houx (*Ilex aquifolium*) regroupés en petits bouquets nous avons noté la présence d'un seul pied de chêne vert, de quelques pieds de *Juniperus oxycedrus* et de *Crataegus laciniata* auxquels il faut rajouter *Asphodelus microcarpus*, *Phlomis bovei*, *Cirsium casabonae*, *Galium rotundifolium*, *Ferula communis*, *Atractylis gummifera*.

e) Station Imoula II

La station d'Imoula II est située 1310 m d'altitude en exposition Sud. C'est une cédraie mixte à dominance de cèdre qui est caractérisée par un couvert très clair (moins de 25%) et une pente de 48%.



Photo 17 : station Imoula II

Le sol est rocailleux avec beaucoup d'affleurements et le sous-bois peu abondant composé essentiellement par *Artemisia absinthium*, *Asphodelus microcarpus*, *Euphorbia luteola*, *Ferula communis*, *Berberis hispanica*, *Juniperus oxycedrus* avec une forte présence d'*Ampelodesma mauritanica*.

f) Station Thaghzouth

La station Thaghzouth est une cédraie mixte « cèdre-chêne vert », thermophile située à 1350m sur éboulis en exposition Sud. Le recouvrement est très clair (moins de 25%) et la pente est très forte de l'ordre de 60%. Les pieds de cèdres représentent la limite sud-est de la cédraie de Thabourth El Ainsar.



Photo 18 : Station Thaghzouth

Le sous-bois est composé de *Ferula communis*, *Prunus prostrata*, *Ulmus campestris*, *Berberis hispanica*, *Juniperus oxycedrus*, *Crataegus laciniata* et surtout *Ampelodesma mauritanica*.



Fig. 9 : localisation des stations de la cédraie Thabourth El Inser sur image de Google Earth du 9/4/2014

Chapitre 4 :

Matériel et méthodes

4. Matériel et méthodes

4.1. Méthode d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage reprend l'ensemble des considérations techniques liées à l'implantation des unités d'échantillonnage et à la collecte des données. Il permet de fournir une image aussi objective que possible d'une partie la forêt dans l'objectif est de se rendre compte de la dynamique structurale de cette cédraie. L'étude porte spécifiquement sur des peuplements de cèdres, ces peuplements investigués sont soit purs, faiblement mélangés ou mixtes. Ils ont été échantillonnés en lisière ou en bordure de la cédraie dans la plupart des stations à l'exception des stations : Lainser Inedjaren, Refuge Amirouche Nord et Sud, compte tenu de l'inaccessibilité du milieu, du manque de sécurité, et parfois même de la difficulté de trouver un emplacement d'où l'on observe la cime du houppier à cause de l'enchevêtrement des cimes qui ne permet d'apercevoir qu'une partie du houppier de l'arbre à mesurer.

4.1.1. Implantation et délimitation des unités d'échantillonnage

En ce qui concerne l'implantation des unités d'échantillonnage, la méthode qui a été appliquée dans cette étude est celle de l'échantillonnage à plusieurs degrés.

Selon Dagnelie (2007), ce type d'échantillonnage appelé aussi échantillonnage en grappe, est une méthode couramment utilisée en pratique. Son principe est de considérer deux ou plusieurs types d'unités statistiques correspondant aux deux ou différents degrés ou niveaux d'échantillonnage et de procéder de façon complètement aléatoire ou de façon systématique à l'intérieur de chacun de ces degrés ou niveaux.

Les degrés ou niveaux de stratification considérés dans notre étude sont au nombre de trois choisis en fonction de l'hétérogénéité du milieu, à savoir :

- Stratification selon le gradient altitudinal (cédraie de haute altitude, cédraie de moyenne altitude et cédraie de basse altitude) ;
- Stratification selon l'orientation ;
- Stratification selon la composition en espèces (cédraie pure ou mixte).

Vu les contraintes rencontrées sur le terrain, l'inaccessibilité de certains endroits soit pour des raisons sécuritaires, soit du fait au relief très accidenté, nous avons échantillonné seulement dans les stations autorisées par les forestiers.

4.1.2. Taille et forme des unités d'échantillonnage

Selon Bouchon (1979), la forme des unités d'échantillonnage (stations) est sans effet sur l'erreur. La surface utilisée en pratique est un cercle, un carré ou un rectangle (Gounot, 1969).

Les dimensions des stations sont extrêmement variables, en fonction de l'âge des peuplements considérés et de la durée des expériences. Certaines expériences relatives à des peuplements forestiers âgés peuvent nécessiter des parcelles de 25 à 50 ares, voire 1 hectare ou plus. (Dagnelie, 2003).

La précision des résultats obtenus par un échantillonnage dépend à la fois de l'importance de l'échantillon et du caractère plus ou moins homogène ou hétérogène de la population parente. La précision est d'autant meilleure que l'échantillon est de taille plus importante et que la population est plus homogène (Dagnelie, 2007). Par contre, le nombre d'unités d'échantillonnage (stations) dépend de la précision recherchée.

Pour notre étude, nous avons assis des stations de forme rectangulaire et carrée de superficie variable, allant de **6** à **38** ares tout en tenant compte de la densité de l'espèce dominante. Au total 18 stations ont été inventoriées. L'inventaire a porté sur tous les arbres de la station quelque soit l'espèce et son état (vivant, mort ou abattu).

4.2. Mesures réalisées

D'après **Pommerening (2002)**, pour l'étude de la structure d'un peuplement, il n'existe pas de règle absolue pour définir les types de mesures à réaliser au sein des unités d'échantillonnage.

Pour le choix des paramètres à prendre en considération pour quantifier la structure de la cédraie, nous nous sommes inspirés des travaux déjà réalisés par plusieurs auteurs dans le même contexte : Pommerening (2002), Piovesan & al. (2005), Piovesan & al. (2009), Bebi & al. (2011), Ioanna & Petros (2012) et Zenner & al. (2014).

Les données récoltées au sein de chaque station sont d'ordre : dendrométrique et stationnelles.

4.2.1. Données stationnelles

Lors de nos sorties sur le terrain, nous avons noté pour chaque station les paramètres suivants :

- l'altitude (en mètre) obtenue à l'aide d'un GPS et vérifiée sur Google Earth ;
- La pente du terrain, en pourcentage à l'aide du VERTEX III ;
- L'exposition à l'aide d'une boussole tenue horizontalement, le dos de l'opérateur face à la pente ;
- La nature du sol appréciée visuellement (humifère, affleurement rocheux) ;
- Le recouvrement apprécié visuellement, par la description de l'arrangement des arbres en peuplement dense ou individus isolés.

4.2.2. Données dendrométriques et descriptives du peuplement

Selon **Gaudin (1996)**, les critères qualitatifs sont très souvent utilisés pour décrire, comparer et caractériser les peuplements. Il est parfois nécessaire de faire appel à des données chiffrées pour affiner leurs descriptions et mieux comprendre leurs évolutions.

a) Données qualitatives :

Pour mieux décrire les arbres de chaque station, nous avons jugé nécessaire de noter quelques informations qualitatives :

- **la forme des tiges** : *normale, cassée, fourchue, tordue* ou *inclinée* ;
- **la position sociale de l'arbre** (vivant, mort sur pied, abattu) ;
- **les maladies de l'arbre** : absence de maladies, chute des aiguilles, dépérissement des feuilles et présence ou absence de nids de chenilles ;
- **Le sous-bois** : présence ou absence ;
- **La production de cônes** : production nulle, très faible, faible, moyenne et forte. Pour cette partie un comptage de cônes a été fait dans les mêmes parcelles dans le cadre d'un magister en cours (Abdelkrim données non publiées);
- **La composition en espèces** : pure ou mixte.
- **Les perturbations** : causées par l'homme (coupe), pâturage, incendies et parfois même des perturbations d'origine naturelle (foudre).

b) Les données quantitatives

Ce sont les suivantes :

- **La hauteur de l'arbre (m)**: mesurée à l'aide du VERTEX III (fig. 10) à une distance qui correspond approximativement à la hauteur de l'arbre.
- **Le diamètre de l'arbre (cm)** : Les mesures ont été faites à l'aide d'un compas forestier pour les grosses tiges, la lecture du diamètre a été faite au centimètre près et à l'aide d'un pied à coulis et d'un ruban mètre pour les semis (fig .10).
- **La hauteur du houppier (m)** : C'est la hauteur du houppier depuis la première branche.
- **Le diamètre du houppier (m)**: La mesure du diamètre du houppier est faite à l'aide d'un décamètre en tenant compte de la projection horizontale du houppier (les plus longues branches) ;
- **La surface terrière (m²/ha)** : qui représente la surface de la section d'un arbre à 1,30m du sol;

- **La densité (tiges/ha):** qui représente le nombre de tiges de chaque station ramenés à l'hectare.

La densité et la surface terrière du peuplement donnent une idée de la structure et du matériel sur pied.



Fig.10 : Différents outils de mesure utilisés sur terrain.

4.3. Traitement des données

Le traitement statistique des données a été fait à l'aide d'Excel et du logiciel **R** version : **R i386 3.2.2.**

Nous avons échantillonné un total de **18** stations à l'échelle des deux cédraies, et mesuré un total de 1612 tiges toutes espèces confondus dont 976 tiges de cèdre. Ces stations sont réparties comme suit :

- **12** stations situées à Thala Guilef à des altitudes variant de 1300m à 1800m. 1316 tiges ont été mesurées (toute espèce confondue) dont 761 de cèdre ;
- **6** stations situées à Thabourth El Inser dont les altitudes oscillant entre 1300 et 1500 m. 296 tiges ont été mesurées parmi les quelles 215 tiges de cèdre.

Chaque tige de cèdre a fait l'objet de diamètre et hauteur total de l'arbre, diamètre et hauteur du houppier, la surface terrière et le nombre de tiges (6 mesures) soit 9672 mesures réalisés (1612 tiges x 6 mesures).

Toutes les mesures précédentes ont donné lieu à des résultats de type descriptif ou de type analytique. Les premiers concernent la connaissance permanente des ressources existantes. Les seconds visent plutôt à mettre en évidence les relations liant ces paramètres à leurs caractéristiques quantitatives et qualitatives et aux facteurs du milieu. Donc, les résultats de ces analyses nous est servi pour décrire la composition floristique, la structure et la dynamique (recrutement, croissance, mortalité) de ces peuplements.

Les pieds de cèdre mesurés dans les différentes stations ont été répartis en classes de diamètre d'amplitude 10 cm (tab. 1) et en classes de hauteur d'amplitude 05m (Tab. 2). Ces classes ont été ensuite représentées par des histogrammes.

Tab. 1 : Classes des diamètres retenues.

Classes de diamètre (cm)	Abréviation
<10	D1
[10 - 20[	D2
[20 - 30[	D3
[30 - 40[	D4
[40 - 50[	D5
[50 - 60[	D6
[60 - 70[	D7
[70 - 80[	D8
[80 - 90[	D9
[90 -100[	D10
>100	D11

Tab. 2 : classes de hauteurs retenues.

Classes de hauteur (m)	Abréviation
<5	H1
[5 - 10[	H2
[10 - 15[	H3
[15 - 20[	H4
[20 - 25[	H5
[25 - 30[	H6
>30	H7

Le recouvrement a été estimé en se référant aux quatre classes proposées par Long (1975) in Mestar (1996) :

- Recouvrement dense : 75 – 100% ;
- Recouvrement assez clair : 50 – 75% ;
- Recouvrement clair : 25 – 50% ;
- Recouvrement très clair : 0 – 25%.

L'altitude a été répartie en trois tranches suivantes :

- Basse altitude : entre 1200 et 1400m ;
- Moyenne altitude : entre 1400 et 1600m ;
- Haute altitude : à partir de 1600m.

Les pentes ont été classées selon la classification du Ministère des ressources naturelles et de la Faune du Québec (2012) qui sont comme suit :

- Pente nulle : inclinaison de 0 à 3% ;
- Pente faible : inclinaison de 4 à 8% ;
- Pente douce : inclinaison de 9 à 15% ;
- Pente modérée : inclinaison de 16 à 30% ;
- Pente forte : inclinaison de 31 à 40% ;
- Pente excessive : inclinaison de 41% et plus.

Pour les 18 stations étudiées, les valeurs de la pente oscillent entre 20 et 69% donc les trois premières classes de pente n’existent pas.

Tableau 3 : Répartition des stations en fonction des paramètres stationnels.

paramètre	Variante	Nombre de stations
Pente	Modérée (16 à 30%)	7
	Forte (31 à 40 %)	1
	Excessive (41 et plus)	10
Exposition	Nord	9
	Sud	9
Altitude	Basse [1200 - 1400[	8
	Moyenne [1400 - 1600[	8
	Haute[1600 et plus[	2
Recouvrement	R1 (0 - 25%)	8
	R2 (25 - 50%)	7
	R3 (50 - 75%)	3
Travaux sylvicoles	Absent	12
	Présent	6

Le tableau ci-dessus montre que le nombre des stations n’est pas reparti de manière homogène selon les variantes de chaque paramètre à cause de contraintes rencontrées sur le terrain pendant l’échantillonnage (inaccessibilité de certaines parties de la cédraie ou leur éloignement).

Chapitre 5 :

Résultats

5.1. Composition en espèces ligneuses

La séparation des stations selon la composition, l'altitude et l'exposition correspond à des différences de structure. Elle représente également une distinction importante au niveau de la flore ligneuse.

Le cèdre de l'Atlas se trouve soit à l'état pur soit en mélange avec d'autres espèces. Au Djurdjura spécialement dans les deux régions objet de la présente étude on le retrouve à l'état pur en moyenne et haute altitude et à l'état mixte en association avec le chêne vert à basse altitude.

Les résultats de l'inventaire du nombre total de tiges toute espèce confondue, montre que les strates supérieures sont exclusivement occupées par le cèdre dans toutes les stations à l'exception de la station Lainser Inedjaren où on a trois gros sujets : merisier, chêne Zeen et érable dont la hauteur dépasse 15m.

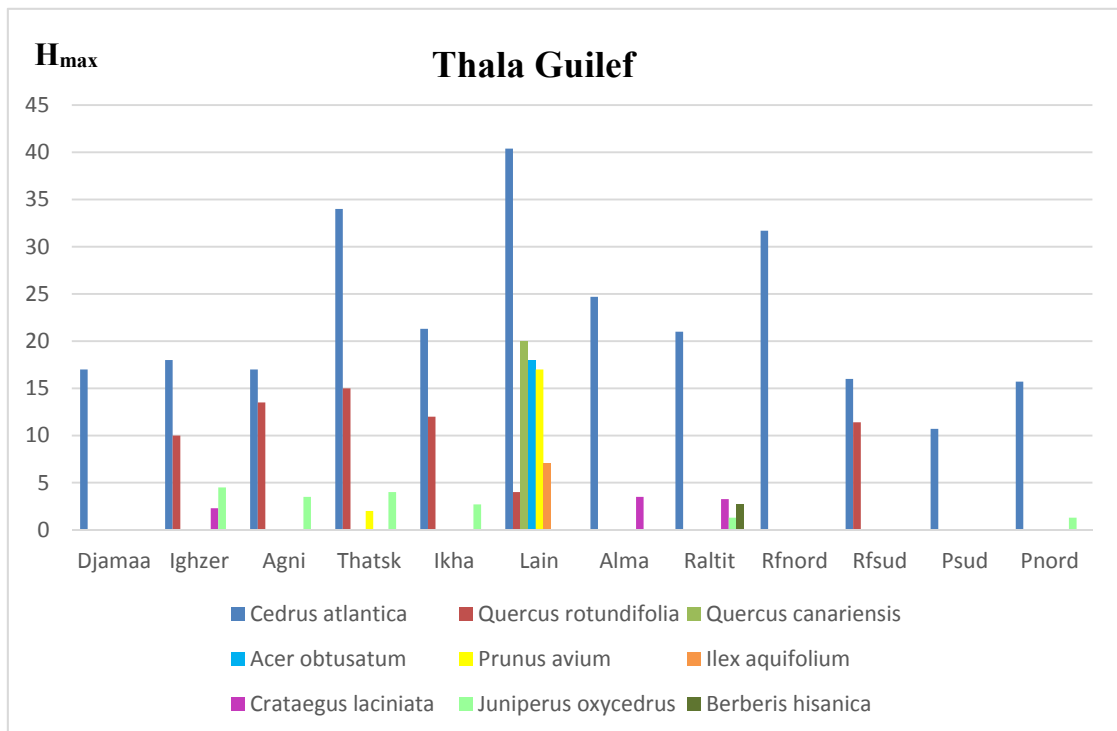


Fig. 11 : Distribution des hauteurs maximales de tiges toute espèce confondue pour la région de Thala Guilef.

La deuxième espèce arborescente qui marque sa présence après le cèdre est le chêne vert, qui atteint des hauteurs maximales de l'ordre de 15m au niveau de la station Thala Tsekrin et 13.5m au niveau de la station Agni Izamaren (Fig.11 et Fig.12).

D'autres espèces ligneuses sont aussi présentes à côté du cèdre mais avec des proportions variables comme *Berberis hispanica* et *Ilex aquifolium*, qui sont présente dans deux stations sur l'ensemble des 18 échantillonnées.

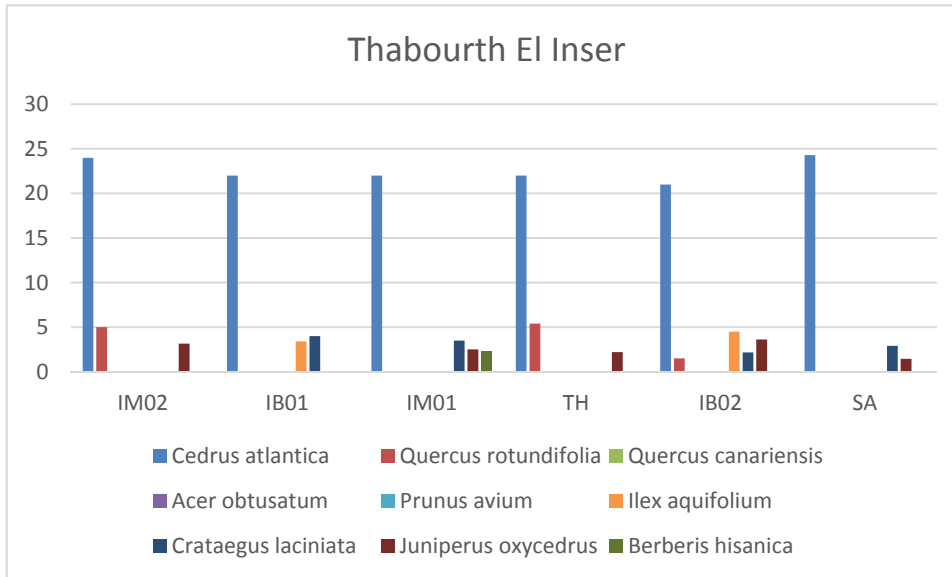


Fig. 12 : Distribution des hauteurs maximales de tiges toute espèce confondue pour la cédraie de Thabourth El Inser.

5.2. Analyse des paramètres dendrométriques du cèdre

Les paramètres statistiques sur les variables dendrométriques et structuraux mesurés sur le cèdre (la hauteur et le diamètre des tiges, la hauteur et le diamètre des houppiers, la densité et la surface terrière) sont donnés dans le tableau (tab. 4).

Tableau 4 : Paramètres statistiques sur les variables mesurés sur le cèdre.

Variable	Cédraie de Thala Guilef			Cédraie de Thabourth el Inser		
	Moyenne ± Ecartype	Min	Max	Moyenne ± Ecartype	Min	Max
darb (cm)	19.5 ± 35.5	0.4	235.67	39.95 ± 33.38	0.1	161
harb (m)	5.5 ± 6.9	0.1	40.4	9.08 ± 6.85	0.13	24.3
hhoup (m)	4.76 ± 5.48	0.1	37	8.16 ± 6.36	0.18	24
dhoup (m)	2.96 ± 3.44	0.1	24	5.04 ± 3.81	0.01	14.2
dens (tiges/ha)	622 ± 427	80	1352	500 ± 427	56	1088
surft (m²/ha)	73.04 ± 81.60	4.36	94.85	49.71 ± 70.32	9	309

5.2.1. Le diamètre de l'arbre

Le diamètre des tiges de cèdre varie entre un minimum de **4 mm** (à Ighzer Tmejja) et un maximum de **2.36 m** (Refuge Amirouche Nord) pour la cédraie de Thala Guilef (tab.4) et entre un minimum de **1 mm** (à Semdh Azeggagh, Imoula I et Ifri Bagour II) et un maximum de **1.61 m** (à Imoula II) pour la cédraie de Thabourth El Inser (tab.4).

Les grosseurs maximales des tiges de cèdre sont enregistrées dans **9** stations de la cédraie de Thala Guilef ($D_{1.30}$ maximum = 235.67cm pour la station Refuge Amirouche Sud)

et dans 5 stations à Thabourth El Inser ($D_{1.30}$ maximum = 161 pour la station d'Imoula 02 (fig.13).

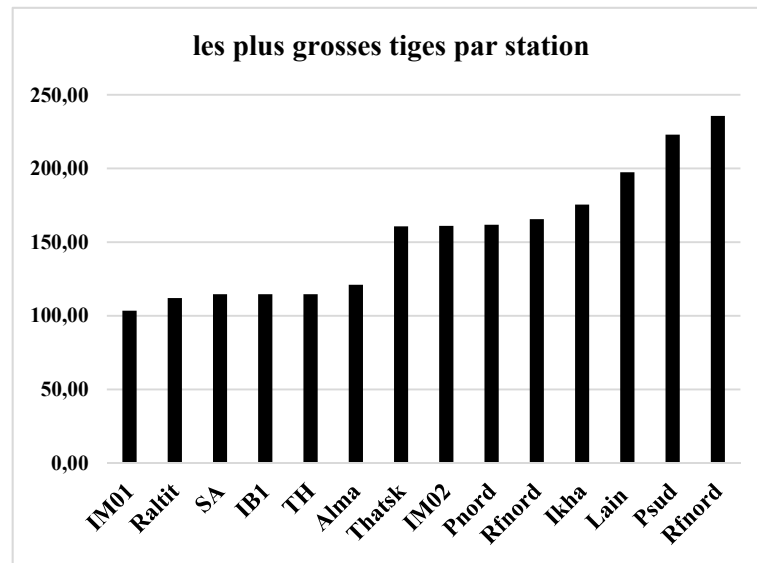


Fig. 13: Distribution des plus grosses tiges par station.

Les figures (14a & 14b) montrent une hétérogénéité dans la distribution de ce paramètre entre les deux cédraies, entre les 18 stations et à l'intérieur de chaque d'elle à l'exception de quelques unes à l'exemple de la station d'Imoula 02 (Im02) qui présente une homogénéité de distribution intra-stationnelles et qui se distingue par la moyenne la plus élevée des 18 stations (**66.74cm**) et par une forte proportion de tiges de plus de **1m**.

Le diamètre des tiges de cèdre à Thala Guilef se répartit en 11 classes d'un pas de 10 cm (fig.15). La classe des plus faibles diamètres, notée D1, correspondant à une valeur inférieure à 10 cm est présente dans 11 stations sur 12 et n'est absente que dans la station Lainser Inedjaren. Cette classe est représentée par un nombre de tiges/ha allant d'un minimum de 8 (Djamaa Adherchi) à un maximum de 984 (Pic des cèdres Nord). Elle domine dans 7 stations sur 12. La classe de diamètre la plus élevée, notée D11, correspondant à un diamètre supérieur à 1m est présente dans 9 stations sur 12 avec une fréquence variable allant d'un minimum de 4 tiges/ ha (Restaurant d'altitude) à un maximum de 40 tiges/ha (Pic des cèdres Nord). Cette classe est absente dans les stations de l'horizon inférieur du cèdre (Agni Izamaren, Ighzer Tmejja, Djamaa Adherchi). Les cèdres de diamètre > 1m peuvent être assimilés à de vieux semenciers et dans ces trois dernières stations cette catégorie de grosseur n'est pas observé.

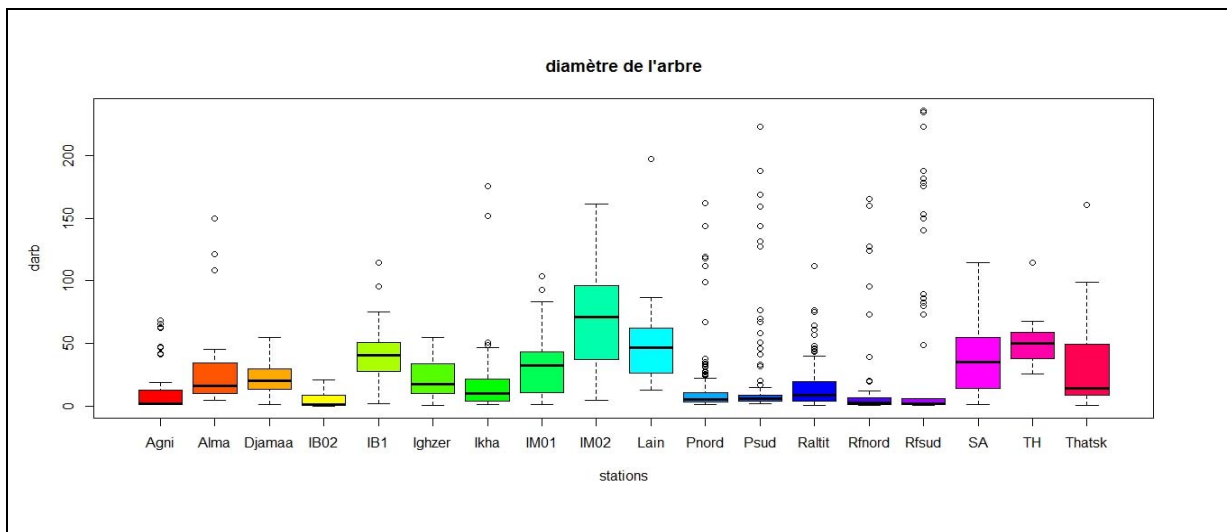


Fig. 14.a : boxplot des diamètres des arbres par station

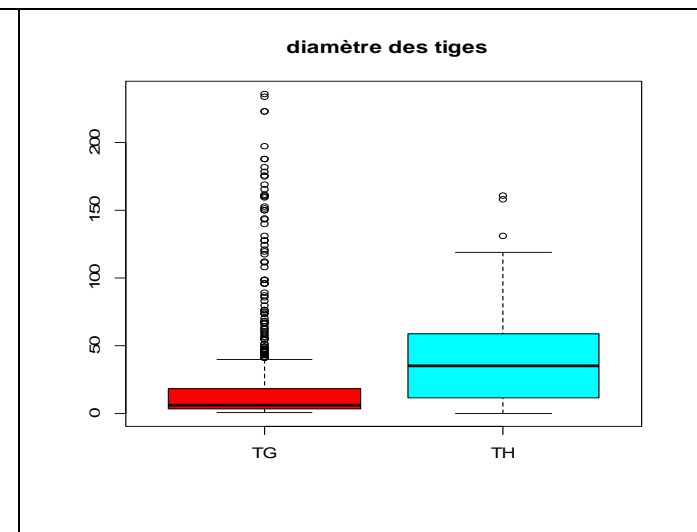


Fig. 14.b : boxplot des diamètres des arbres par cédraie

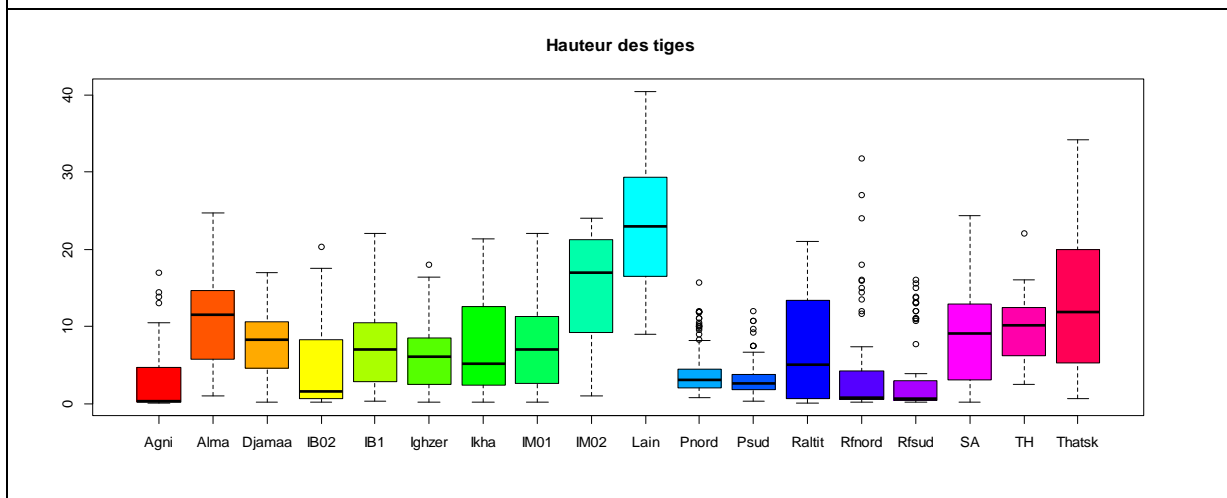


Fig. 14.c : boxplot des hauteurs des arbres par station

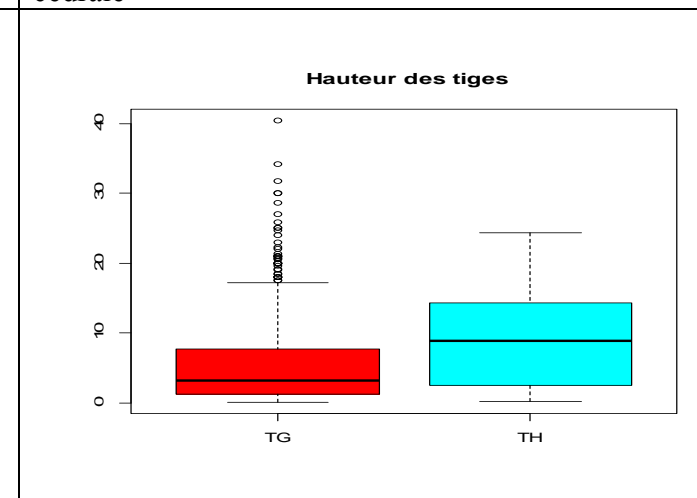


Fig. 14.d : boxplot des hauteurs des arbres par cédraie

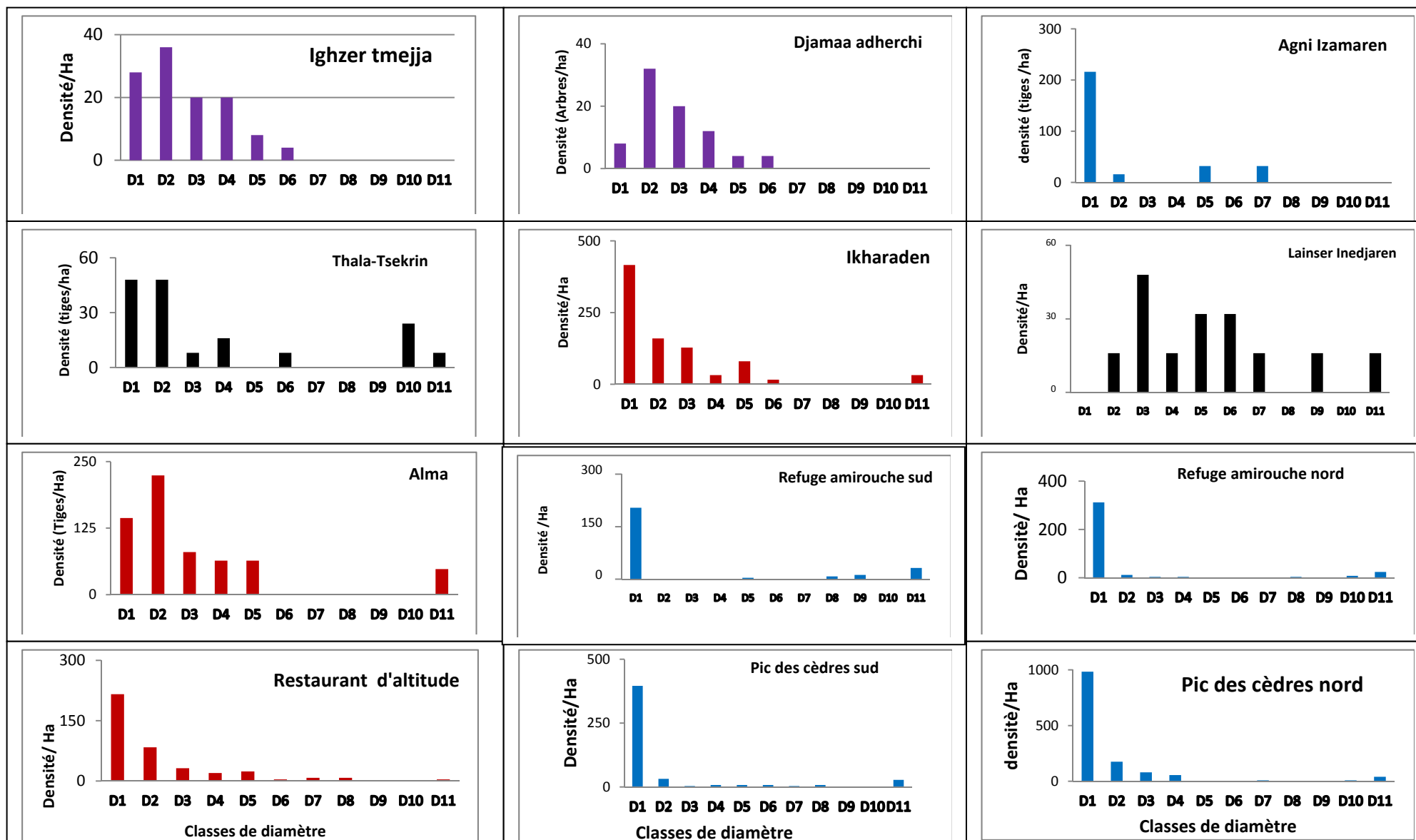


Fig. 15: Distribution des tiges de cèdre par classes de diamètre dans la région Thala-Guilef.

des cèdres Nord). Cette classe est absente dans les stations de l'horizon inférieur du cèdre (Agni Izamaren, Ighzer Tmejja, Djamaa Adherchi). Les cèdres de diamètre > 1m peuvent être assimilés à de vieux semenciers et dans ces trois dernières stations cette catégorie de grosseur n'est pas observée. Dans la cédraie de moyenne altitude (Alma, 1400m) il été observé trois vieux semencier actuellement en situation de bordure.

Pour ce qui est de l'allure de distribution des tiges du cèdre par classe de diamètre, elle est en forme de « L » dans 4 stations sur 12 et en forme de « J » inversé dans 3 stations seulement, alors qu'elle est « irrégulière » ou « en dents de scie » dans le reste des stations (fig.15).

Pour la cédraie de Thabourth El Inser, le diamètre des tiges de cèdre se répartit en 11 classes d'un pas de 10 cm (fig.16). La classe des plus faibles diamètres notée D1 et correspondant à une valeur inférieure à 10 cm est présente dans 5 stations sur 6 et n'est absente qu'au niveau de la station Thaghzouth. Elle domine dans 3 stations sur 6 (Semdh Azeggagh, Imoula I, Imoula II).

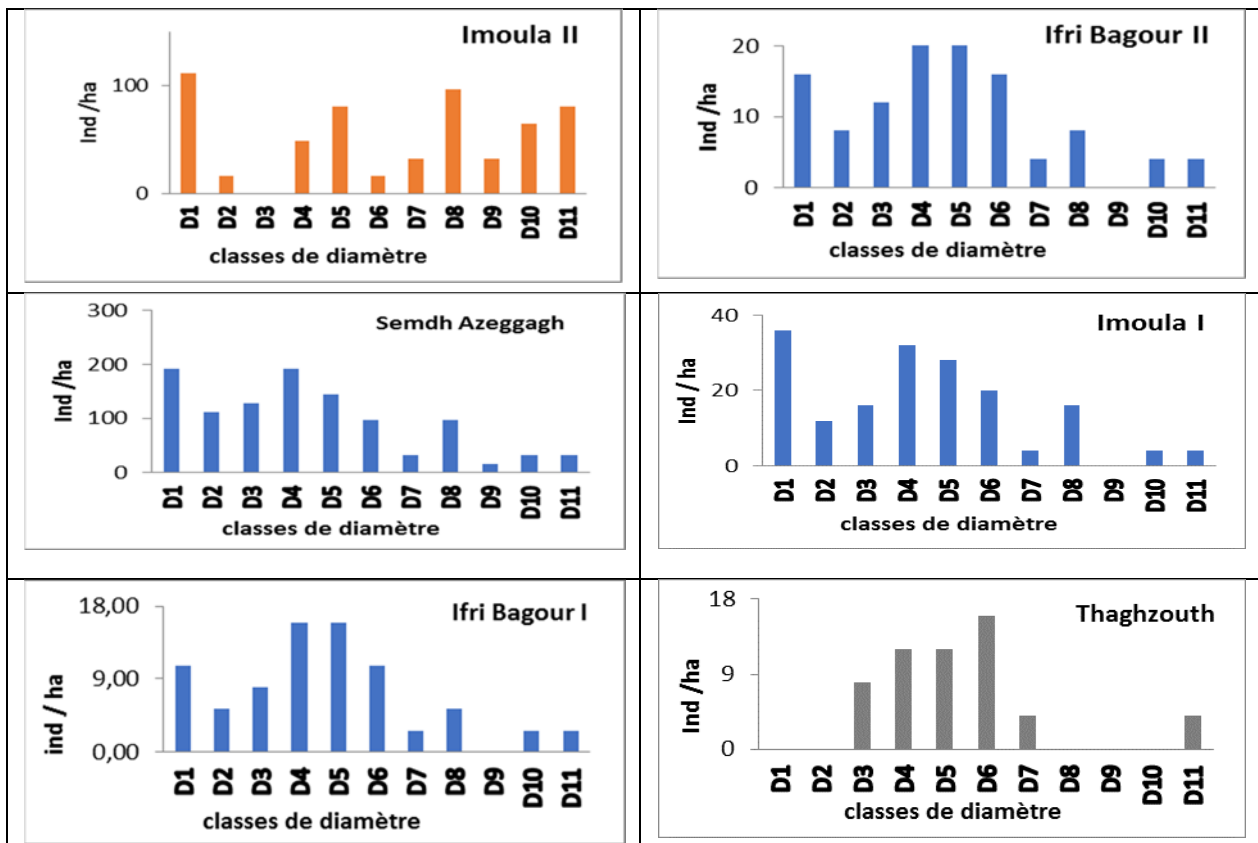


Fig. 16: Distribution des tiges de cèdre par classes de diamètre dans la région Thabourth El Inser.

La classe de diamètre la plus élevée notée D11, correspondant à un diamètre supérieur à 1m est présente dans toutes les stations avec des fréquences variable dont les plus importantes pour les stations Thaghzouth et Imoula II (fig.16). La classe de diamètres moyens

notée D9 correspondant à des valeurs comprises entre 80 et 90 cm n'est présente que dans 2 stations (à Semdh Azeggagh et Imoula II) et absentes dans les 4 autres stations. La distribution des tiges du cèdre de la région Thabourth El Inser par classes de diamètre, est « irrégulière » ou « en dents de scie » dans le toutes les stations. L'absence de certaines classes dans les différentes stations comme par exemple la D9 qui est absente pratiquement dans toutes les stations à l'exception d'Imoula II, indique une structure perturbée.

Les figures des annexes (01 a & 02 a) montrent que quelque soit la station, la distribution des diamètres ne suit pas le tracé de la loi normale, et cela est confirmé par le test de SHAPIRO & WILK (tab. 5).

La comparaison des diamètres moyens par le test de Kruskal & Wallis entre les 18 stations et entre les deux cédraies fait apparaître des différences très hautement significatives (tab.6).

Tableau 5 : Résultats des tests de **Shapiro & Wilk** et du Test de **Bartlett** sur les paramètres dendrométriques du cèdre.

Variable	Test de Shapiro & wilk		Test de Bartlett		
	W	P-value	χ^2	df	P-value
Diamètre (cm)	0.91815	1.062e-09	1.2581	1	0.262
Hauteur (m)	0.93515	2.523e-08	4.8654	1	0.0274
Hauteur du houppier (m)	0.92528	3.795e-09	7.9931	1	0.004696
Diamètre du houppier (m)	0.91992	1.449e-09	3.7177	1	0.05384
Surface terrière (m ² /ha)	0.23978	< 2.2e-16	3318.7	1	< 2.2e-16
Densité (tiges/ha)	0.76686	< 2.2e-16	0.0015	1	0.9682

Tableau 6 : Résultats du test de **Kruskal & Wallis** sur les paramètres dendrométriques du cèdre.

Variable	Test de Kruskal & Wallis entre les stations			Test de Kruskal & Wallis Entre les cédraies		
	χ^2	df	P-value	χ^2	df	P-value
Diamètre (cm)	308	17	< 2.2e-16	104.63	1	< 2.2e-16
Hauteur (m)	249.86	17	< 2.2e-16	51.385	1	7.591e-13
Hauteur du houppier (m)	258.15	17	< 2.2e-16	58.901	1	1.658e-14
Diamètre du houppier (m)	284.71	17	< 2.2e-16	40.945	1	1.566e-10
Surface terrière (m ² /ha)	978.68	17	< 2.2e-16	215.36	1	< 2.2e-16
Densité (tiges/ha)	349.23	17	< 2.2e-16	30.268	1	3.764e-08

5.2.2. La Hauteur de l'arbre

La hauteur totale des tiges de cèdre varie entre un minimum de **10** cm (à Agni Izamaren) et un maximum de **40.40** m (à Lainser Inadjren) pour la cédraie de Thala Guilef et entre un

minimum de **13** cm (à Imoula I et Semdh Azeggagh) et un maximum de **24.3** m (à Semdh Azeggagh) pour celle de Thabourth El Inser (tab.4).

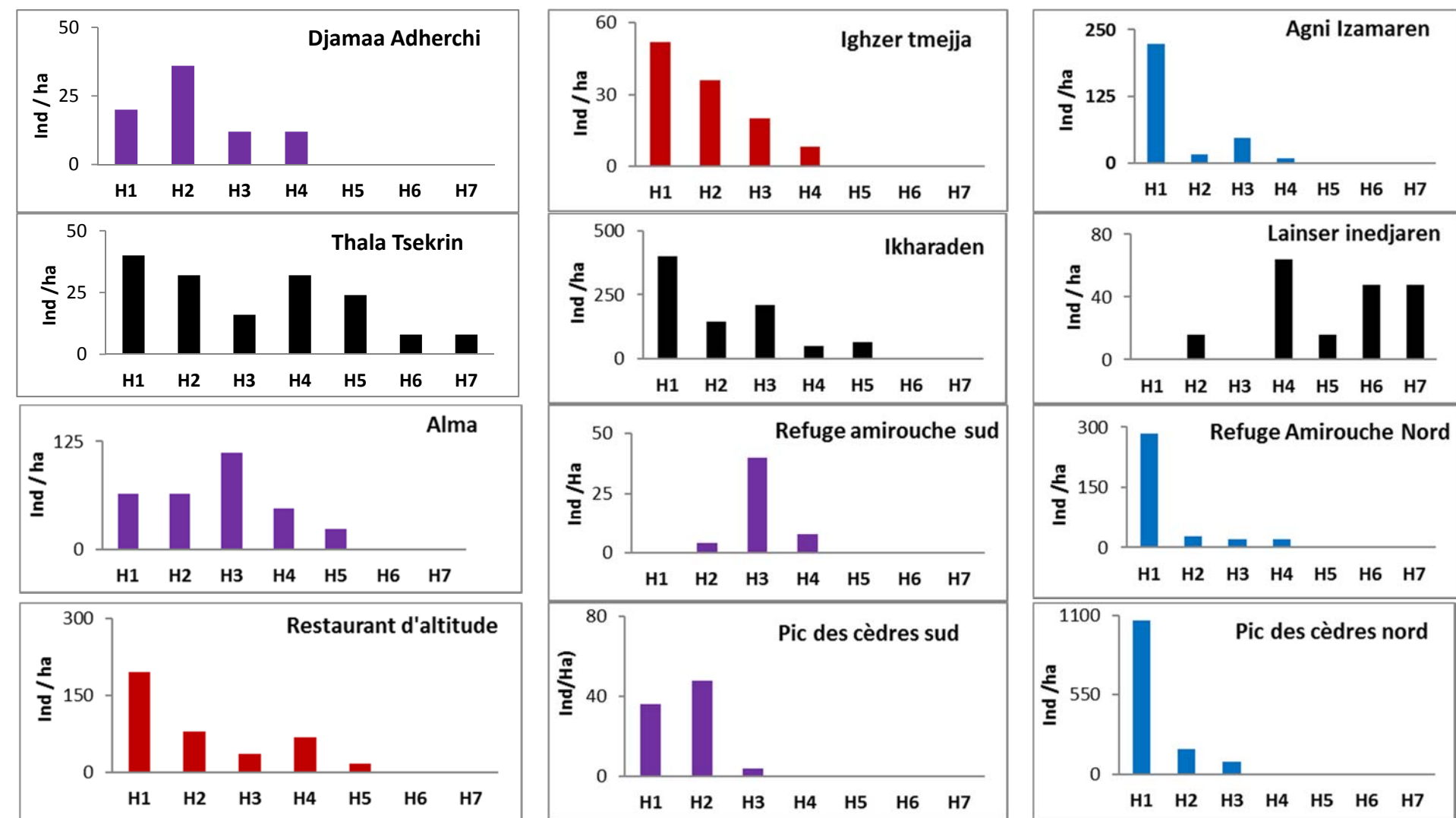
Les figures (14c & 14d) montrent une hétérogénéité dans la distribution de ce paramètre entre les deux cédraies, entre les 18 stations et à l'intérieur de chaque station.

Dans la cédraie de Thala Guilef, cette variable se répartit en **7** classes incluant toute la gamme de valeurs recensées (fig.17). Parmi ces classes, celle notée H1 et correspondant à des valeurs < à 5m est présente dans toutes les stations sauf celle de Lainsar Inadjren et du Refuge Amirouche Sud. Cette classe domine dans **7** stations sur les **10** où elle est présente. Elle correspond à un nombre de tiges/ha variant d'un minimum de **20** (à Djamaa Adherchi) à un maximum de **1064** (à Pic des cèdres Nord).

Notons que la structure verticale la plus complexe, comprenant le maximum de classes de hauteur est observée dans la station Thala- Tsekrin qui correspond à une cédraie mixte et la station du Refuge Amirouche Nord qui correspond à une cédraie pure, alors que la structure verticale la moins complexe comprenant au minimum 3 classes de hauteur du cèdre caractérise la station Refuge Amirouche Sud.

La classe de hauteur la plus élevée notée H7, correspondant à une hauteur > 30m n'est retrouvée que dans les situations de couvert fermé et abritée du vent par la configuration du microrelief (Lainsar Injaren, Thala Tsekrin) et dans la des cédraie fermée d'exposition Nord (Refuge Amirouche Nord), alors qu'elle est absente des crêtes exposées et ventées des cédraies des clairières (pic des cèdres) et des cédraies fermée d'exposition sud (Refuge Amirouche Sud) et des situations où le cèdre est actuellement présent à l'état marginal dans son horizon inférieur (Agni Izamaren, Djamaa Adherchi, Ighzer Tmejja) et en marge des cédraies denses (Alma et Restaurant d'Altitude).

Dans la cédraie de Thabourth El Inser, la hauteur des tiges se répartit en **5** classe, la classes notée H1 qui correspond à des valeurs < à 5m est présente dans toutes les stations. Cette classe domine dans **2** stations sur les **6** où elle est présente (à Semdh Azeggagh et Imoula I). Dans toutes les stations nous avons remarqué la dominance des trois classes de hauteur notées H1, H2 et H3 correspondant à des hauteurs inférieures à 15m à l'exception de la station Imoula II où nous avons la dominance des classes de hauteur moyennes notées H4 et H5. Les classes de grandes hauteurs correspondant à des valeurs supérieures à 25m sont absentes dans les six stations (fig. 18).



Classes de hauteur

Fig.17: Distribution des tiges par classes de hauteur dans les cédraies de Thala-Guilef

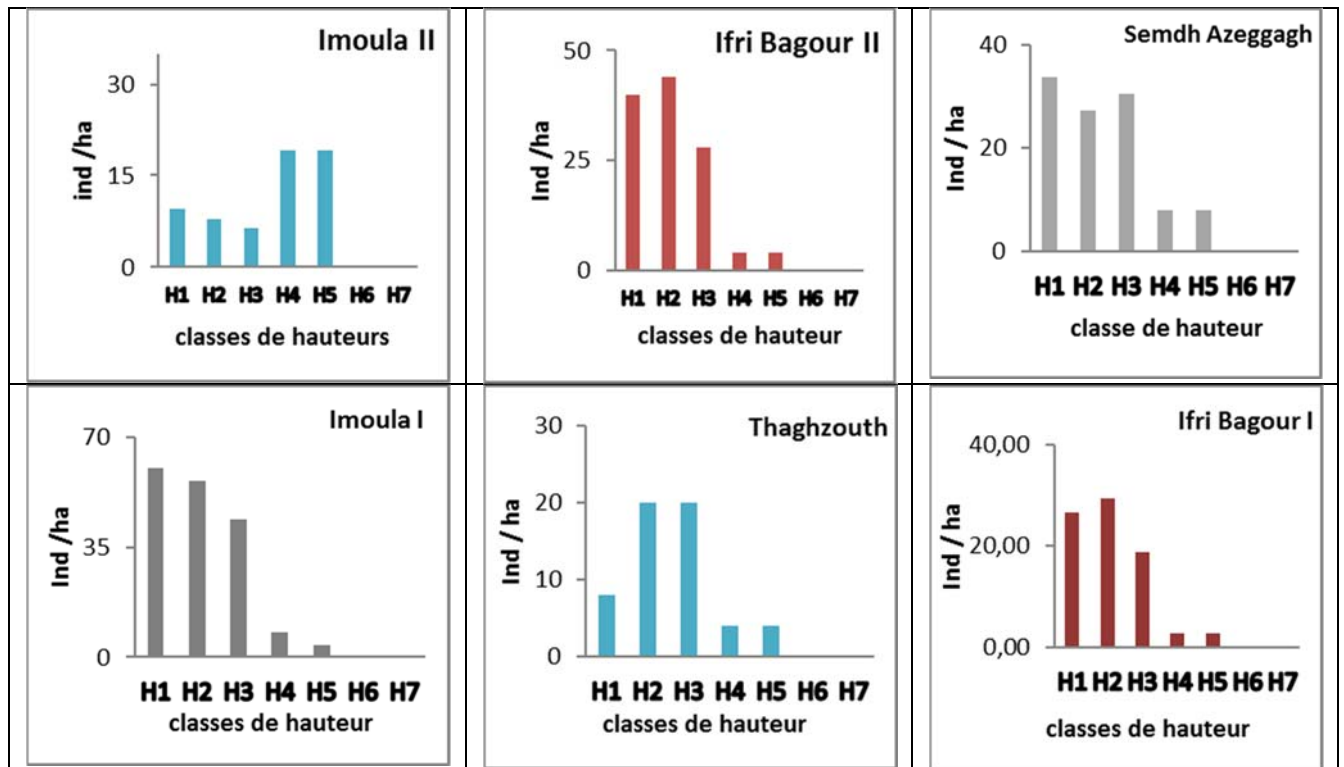


Fig.18 : Distribution des tiges par classes de hauteur dans la cédraie Thabourth El Inser.

Les figures des annexes (01 b. & 02 b.) montrent que quelle que soit la station, la distribution des hauteurs ne suit pas le tracé de la loi normal, et cela est confirmé par le test de SHAPIRO & WILK (tab. 5).

Dans la cédraie de Thabourth El Inser, cette variable se répartit en 5 classes, la classes notée H1 qui correspond à des valeurs < à 5m est présente dans toutes les stations. Cette classe domine dans 2 stations sur les 6 où elle est présente (à Semdh Azeggagh et Imoula I). Dans toutes les stations nous avons remarqué la dominance des trois classes de hauteur notées H1, H2 et H3 correspondant à des hauteurs inférieure à 15m à l'exception de la station Imoula II où nous avons la dominance des classes de hauteur moyennes notées H4 et H5. Les classes de grandes hauteurs correspondant à des valeurs supérieures à 25m sont absentes dans les six stations (fig. 18).

Les figures des annexes (01 b. & 02 b.) montrent que quelle que soit la station, la distribution des hauteurs ne suit pas le tracé de la loi normal, et cela est confirmé par le test de SHAPIRO & WILK (tab. 5).

D'après le tableau 6, la comparaison de hauteurs moyennes par le test de Kruskal & Wallis montre des différences très hautement significatives entre les 18 stations et entre les deux cédraies.

5.2.3. Hauteur du houppier

La hauteur du houppier pour la cédraie de Thala Guilef varie d'un minimum de **10** cm (à Agni Izamaren) à un maximum de **37** m (à Lainser Inadjren) et d'un minimum de **15** cm (à Ifri Bagour II) à un maximum de **24** m (à Imoula I), pour la cédraie Thabourth El Inser (tab.4).

Les figure 19a & 19b montrent une hétérogénéité dans la distribution de ce paramètre entre les deux cédraies, entre les 18 stations et à l'intérieure de chaque station.

La hauteur du houppier comme la hauteur des tiges se répartit en **7** classes pour la cédraie de Thala Guilef. Le maximum de classes observé est de 6 pour 3 stations (Thala Tsekrin, Lainser Inadjren, Refuge Amirouche Nord), le minimum est de 2 classes (H1 et H2) pour la station Pic des cèdres Sud qui ne possède pas de houppier qui dépasse les 10 m. La classe H1 correspondant à des valeurs < à 5m est présente dans toutes les stations sauf celle de Lainsar Inadjren, elle domine dans 9 stations sur 12. La classe la plus élevée H7 correspondant à plus de 30m de hauteur du houppier est présente dans 2 stations (Lainser Inadjren, Thala Tsekrin) sur (fig. 20).

La classe H5 correspondant à des valeurs de diamètre du houppier compris entre 20 et 30 m est présente dans 5 stations sur 12.

Pour la cédraie Thabourth El Inser, le maximum de classes observé est de 5 pour 2 stations (Imoula I et Semdh Azeggagh). Les mêmes classes notées H1, H2, H3, et H5 sont représentées dans les 4 autres stations. La classe H4 correspondant à des valeurs entre 15 et 20 m est absente dans 4 stations sur 6. La classe H1 domine dans 4 stations sur 6. Les classes de hauteur du houppier les plus élevée H6 et H7 correspondant à des valeurs de plus de 25 m de hauteur est absente dans toutes les stations (fig.21).

Les figures des annexes (01 d & 02 d) montrent que quelque soit la station, la distribution des hauteurs des houppiers ne suit pas le tracé de la loi normale, et cela est confirmé par le test de SHAPIRO & WILK (tab. 5).

La comparaison des moyennes des hauteurs des houppiers par le test de Kruskal & Wallis montre des différences très hautement significatives entre les 18 stations et entre les deux cédraies objets de la présente étude (tab.6).

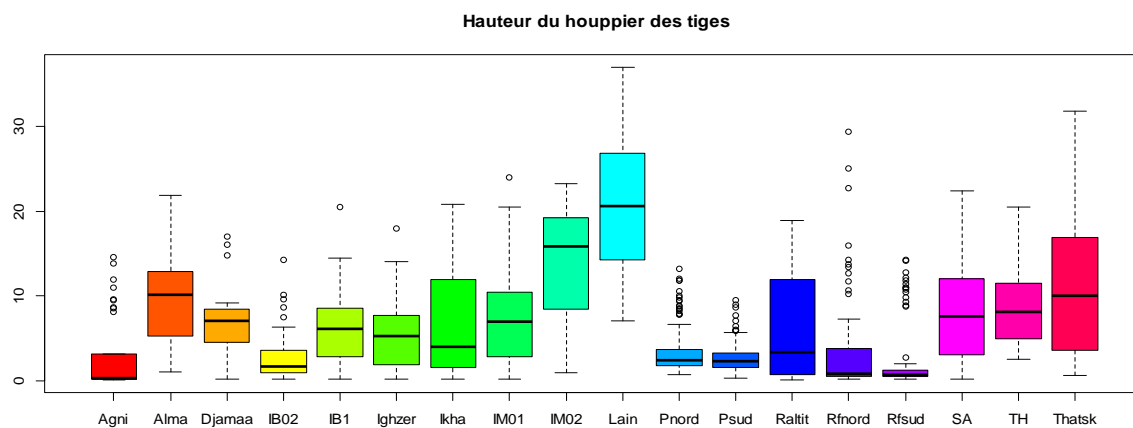


Fig. 19 a : boxplot des hauteurs du houppier des arbres par station

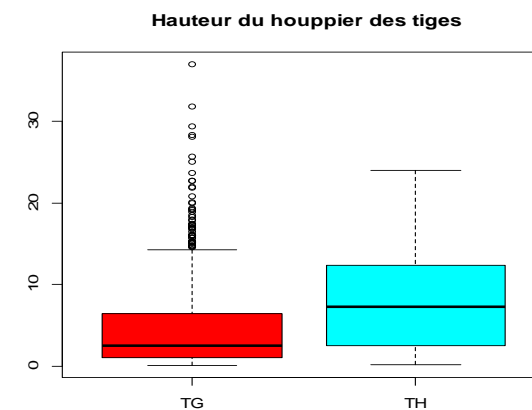


Fig. 19 b : boxplot des hauteurs du houppier par cédraie

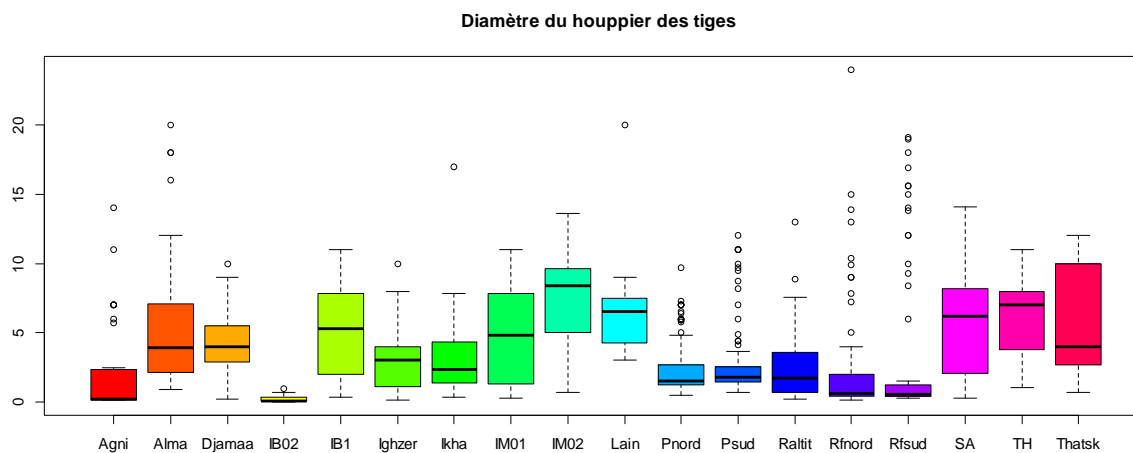


Fig. 19 c : boxplot des diamètres du houppier des arbres par station

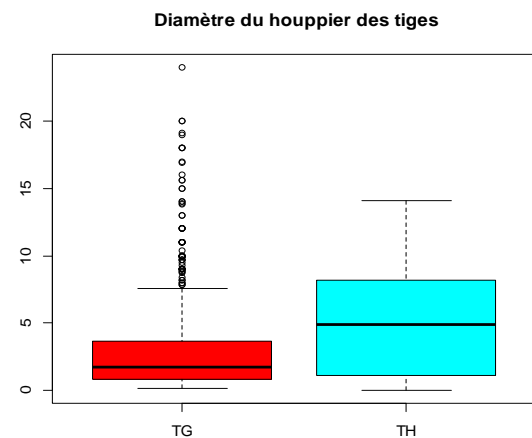
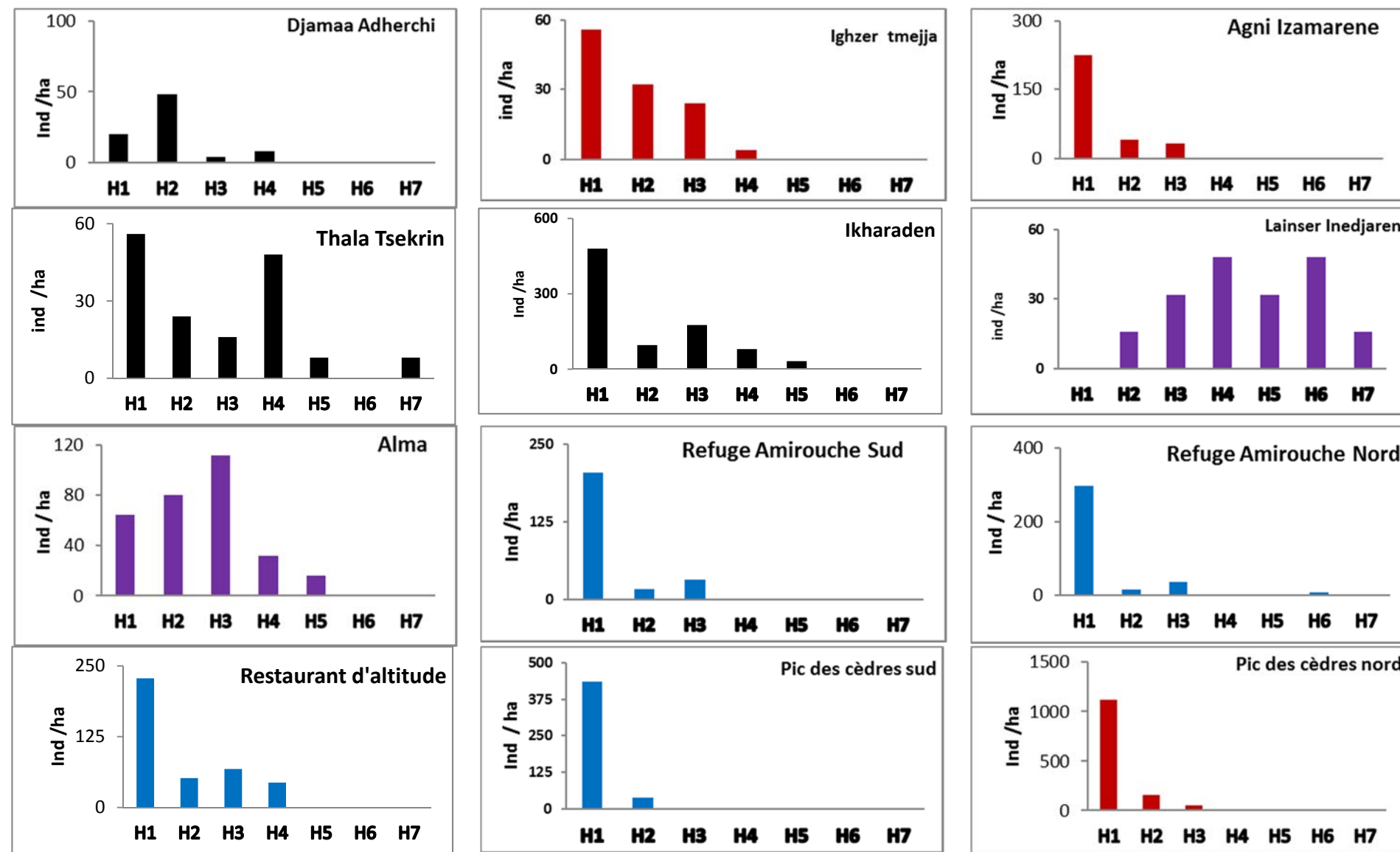


Fig. 19 d : boxplot des diamètres du houppier par cédraie



Classes de hauteur du houppier

Fig.20 : distribution des tiges de cèdre par classes de hauteur du houppier dans la région de Thala Guilef

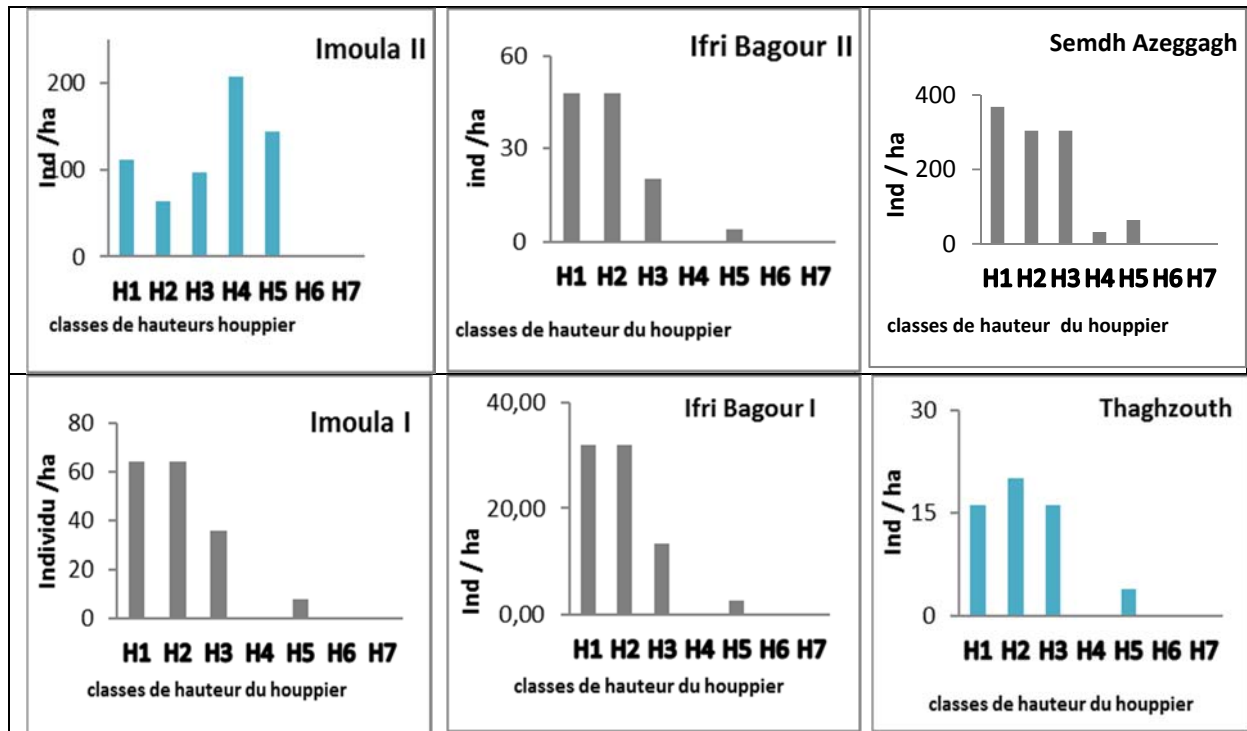


Fig. 21 : Distribution des tiges par classes de hauteur du houppier dans la cédraie de Thabourth El Inser.

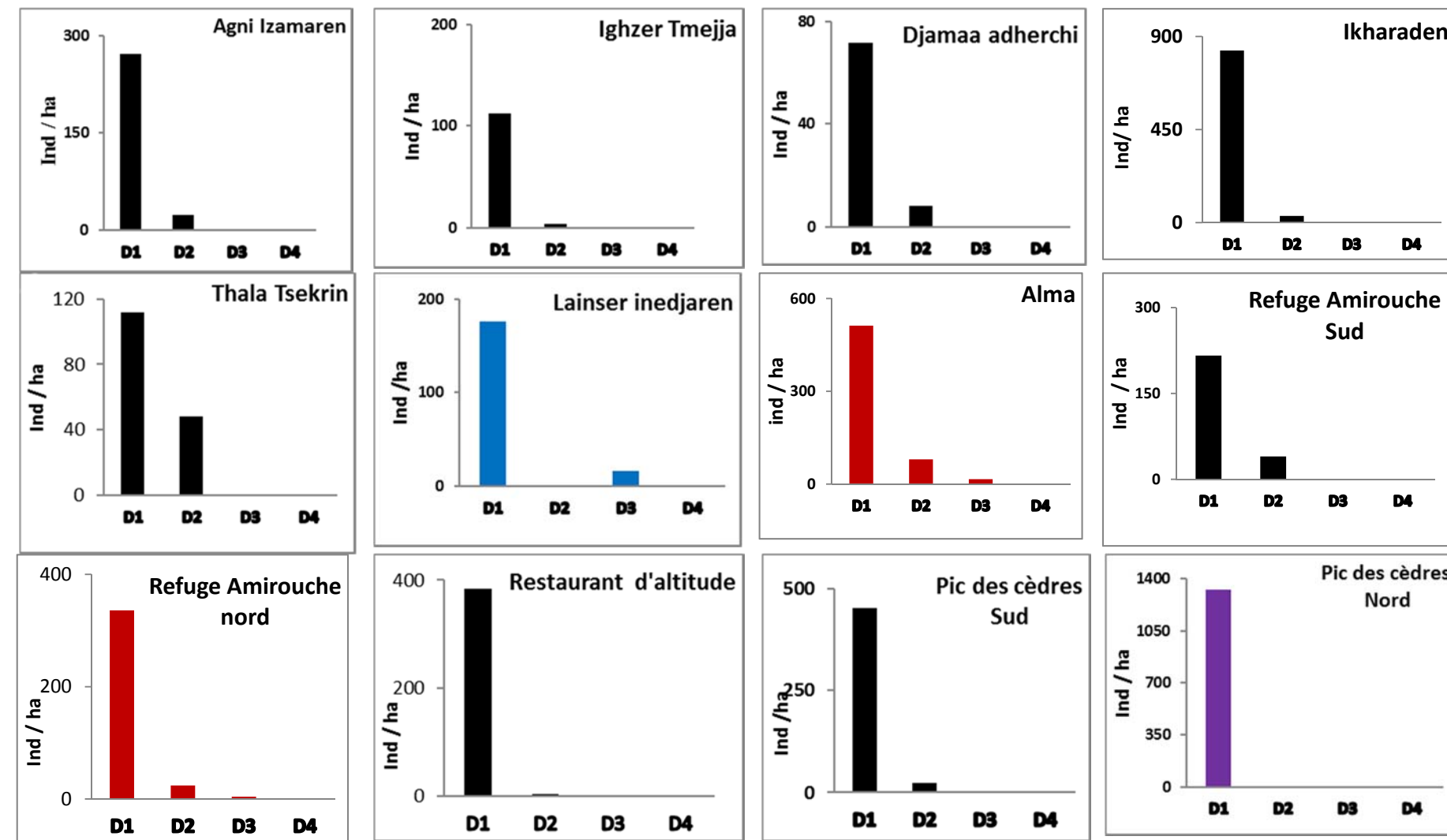
5.2.4. Diamètre du houppier

Le diamètre du houppier pour la cédraie de Thala Guilef varie d'un minimum de **10** cm (à Agni Izamaren) à un maximum de **24** m (au Refuge Amirouche Nord) et d'un minimum **18 cm** à un maximum de **14 .20 m** enregistré toujours dans la même station (à Ifri Bagour II) pour la cédraie de Thabourth El Inser (tab 4).

Les figures 19.c & 19.d montrent une hétérogénéité dans la distribution de ce paramètre entre les deux cédraies et aussi entre les 18 stations et à l'intérieur de chaque station.

Dans la cédraie de Thala Guilef, le diamètre du houppier est reparti en 3 classes où domine la classe notée D1 dans toutes les stations et qui correspond à un diamètre du houppier < à 10m. A l'exception de la station Thala Tsekrin où elle est représentée par 40 tiges /ha, la classe de diamètre du houppier notée D2 et correspondant à des valeurs comprises entre 10 et 20m est absente dans quelques stations (Pic des cèdres Nord, Lainser Inedjaren) où n'est représentée que par quelques tiges/ha (fig. 22).

Pour ce qui est de l'allure des distributions des tiges par classe de diamètre, elle est variable selon les stations comprenant une allure en « **cloche** » au Refuge Amirouche Sud.



Classes de diamètre du houppier

Fig. 22 : Distribution des tiges par classes de diamètre du houppier dans les cédraies de Thala-Guilef

La perte de la flèche a été observée sur des sujets très volumineux à cime tabulaire chez lesquels les diamètres ne sont pas en proportionnalité avec les hauteurs. Ces cas ont été observés dans les stations de la cédraie pure dense (Refuge) ; de la cédraie mixte dense (Thala Tsekrin et Lainser Inedjaren) et dans les cédraies clairières des crêtes (pic des cèdres) et dans une station de cédraie mixte de bordure.

D'un autre côté, il a été observé des très jeunes tiges de cèdre à port déformé aux premiers stades juvéniles soit par le poids de la neige soit par le piétinement par le bovin, dans les stations ouvertes comme dans les stations fermées surtout quand la pente faible permet au bétail de s'y reposer.

Le diamètre du houppier de la cédraie de Thabourth El Inser est reparti en 2 classes où domine la classe notée D1<10cm dans toutes les stations. La classe de diamètre du houppier notée D3 et correspondant à des valeurs comprise entre 20 et 30m est absente dans toutes les stations (fig. 23).

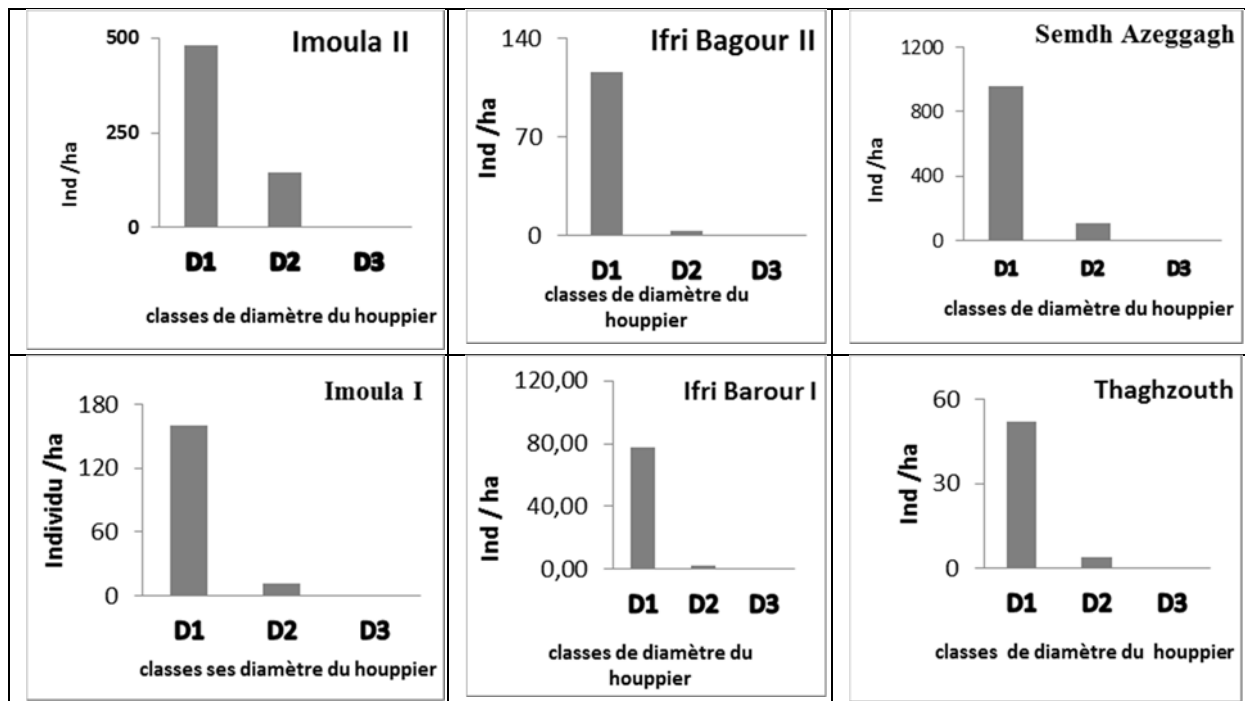


Fig. 23 : Distribution des tiges par classes de diamètre du houppier de la cédraie de Thabourth El Inser

5.2.5. Densité et surface terrière

Ces deux paramètres sont donnés, par station, dans la figure 25. Les stations diffèrent en densité et en surface terrière dans les deux cédraies.

Pour la cédraie Thabourth El Inser plusieurs stations se distinguent. Il s'agit notamment de la station de Semdh Azeggagh qui à la fois la densité et la surface terrière la

plus importante (fig. 24). Elle s’oppose à celle de Thaghzouth qui a le plus faible nombre de tiges (52tiges/ha) et une faible surface terrière de 12 m² / ha.

La station d’Imoula II, en revanche, se distingue par une densité moyenne (608 tiges/ha) et par la surface terrière la plus élevée. Dans cette région les densités se distribuent en 3 classes (tab. 8).

Pour la cédraie Thala Guilef, les densités se distribuent en 5 classes (tab. 7). La station Pic des cèdres Nord, caractérisée par le plus grand nombre de tiges à l’hectare (1352 tiges/ha) présente une surface terrière moyenne (76,95 m²/ha) qui résulte de la présence d’une grande proportion de petites tiges (dbh <10 cm) et surtout d’une faible proportion de gros individus (dbh >100 cm). Elle s’oppose à la station Djamaa Adherchi qui a à la fois le plus petit nombre de tiges (80 tiges/ha) et la plus faible surface terrière (4,33 m²/ha).

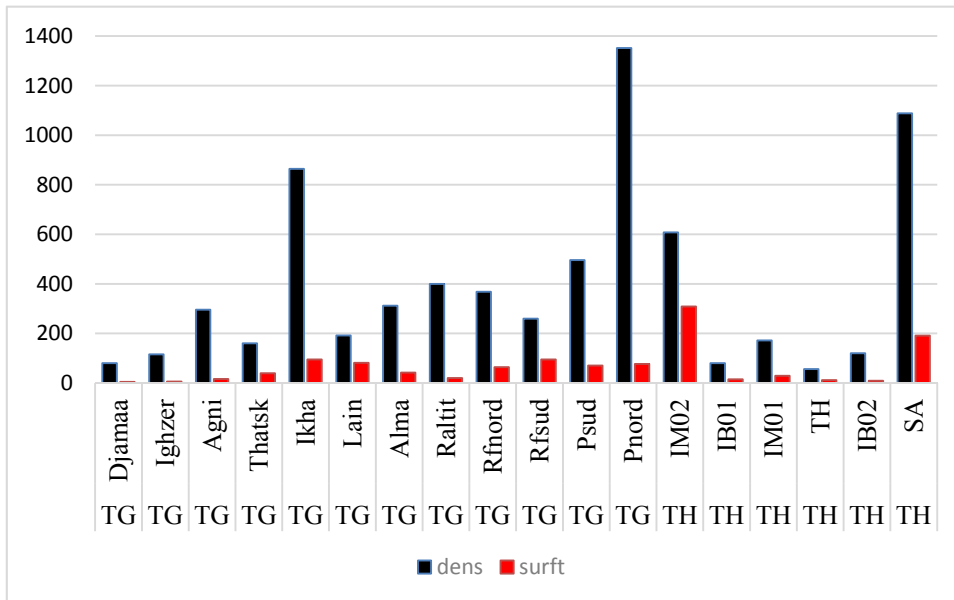


Fig.24 : Distribution des densités et des surfaces terrières par station.

Tab. 7: distribution des stations de Thala Guilef par classes de nombres de tiges

Classe du nombre de tiges	Nombre de stations	Fréquence relative
< 200	4	33,33
[200 – 300[	2	16,67
[300 – 400[	2	16,67
[400 – 500[	2	16,67
> 500	2	16,67

Tab. 8: distribution des stations de Thabourth El Inser par classes de nombres de tiges

Classe du nombre de tiges	Nombre de stations	Fréquence relative
< 200	4	66,67
[200 – 300[	0	0
[300 – 400[	0	0
[400 – 500[	1	16,67
>500	1	16,67

5.3. Corrélations globales Analyse en composantes principales « A.C.P. »

5.3.1. Les valeurs propres

Le tableau des valeurs propres obtenu par l'ACP, montre que deux axes seulement (1 et 2) peuvent être pris en considération puisque leurs valeurs propres sont supérieures à 1 et fournissent 88,56% de la variance totale. Les deux axes contribution à cette variance avec respectivement 63,42 % et 25,13 %. La combinaison des deux axes traduit 88,55 % de la variance totale, d'où le choix du plan factoriel 1 x 2 qui intègre toutes les variables (tab.9)

Tab. 9 : Valeurs propres des six premiers axes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	3,81	1,51	0,44	0,15	0,09	0,00
% variance	63,42	25,13	7,41	2,55	1,43	0,05
% cumulée	63,42	88,56	95,97	98,52	99,95	100,00

Tab. 10 : Corrélation des variables aux 4 premiers axes.

	F1	F2	F3	F4
dens	0,01	0,87	0,09	0,03
surft	0,29	0,59	0,06	0,06
darb	0,84	0,00	0,11	0,02
harb	0,87	0,02	0,10	0,01
hhoup	0,90	0,01	0,08	0,01
dhoup	0,91	0,01	0,01	0,03

D'après le tableau 10, la densité et la surface terrière sont corrélées à l'axe 2, le diamètre de l'arbre, sa hauteur, la hauteur du houppier et son diamètre sont corrélés à l'axe 1 et la densité tandis-que la surface terrière sont corrélés à l'axe 2 (fig.25).

5.3.2. Le Plan factoriel

L'examen du plan factoriel (1x2) discrimine les individus en quatre groupes homogènes (fig.26) :

- groupe 1 : caractérisé par des valeurs élevées du diamètre de l'arbre, du diamètre du houppier, de hauteur de l'arbre, de la hauteur du houppier et de la surface terrière ;
- groupe 2 : caractérisé par un faible diamètre de l'arbre, un faible diamètre du houppier, une faible hauteur de l'arbre, une faible hauteur du houppier ;
- groupe 3 : se distingue des autres groupes par une grande densité et une surface terrière importante ;

- groupe 4 : caractérisé par des valeurs moyennes du diamètre de l'arbre, du diamètre du houppier, de la hauteur de l'arbre, de la hauteur du houppier, une faible surface terrière et une faible densité.

Le plan 1x2 montre une opposition entre les groupes 1 et 2 selon l'axe 1 et les groupes 3 et 4 selon l'axe 2 (fig. 26)

Par opposition entre ces pôles distingués, l'axe 1 interprète la variation de dimensions des arbres et l'axe 2 interprète les variations de la densité et de la surface terrière entre les stations étudiées.

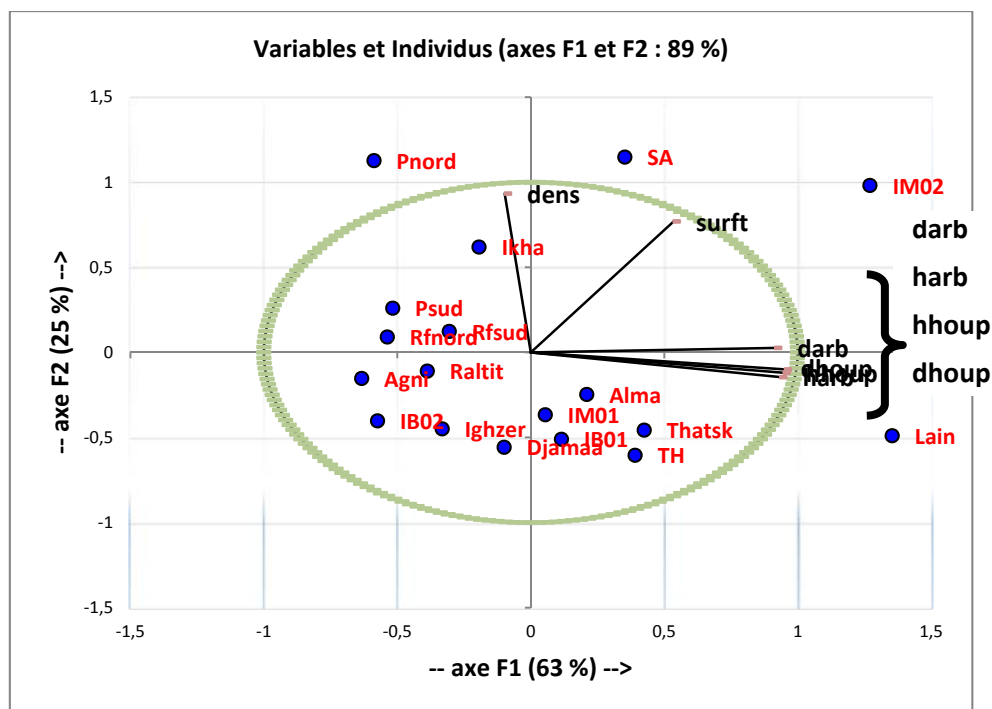


Figure 25: Projection des variables et stations sur le cercle de corrélation.

5.3.3. La Matrice de corrélation

L'examen de la matrice de corrélation (tab.11) montre bien que les niveaux de signification sont différents d'une variable à l'autre.

Tab.11 : Matrice de corrélation des variables dendrométriques.

	dens	surft	darb	harb	hhoup	dhoup
dens	1					
surft	0,794	1				
darb	-0,245	0,280	1			
harb	-0,154	0,137	0,684	1		
hhoup	-0,151	0,160	0,711	0,983	1	
dhoup	-0,307	0,164	0,856	0,864	0,853	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,050$ (test bilatéral)

La matrice de corrélation établie pour 06 variables met en évidence une corrélation très hautement significative entre la densité et la surface terrière ($r = 0,794$) ; c'est-à-dire que, quand la densité augmente la surface terrière augmente.

Des liaisons très hautement significatives et positives existent entre le diamètre de l'arbre et le diamètre du houppier, la hauteur du houppier et la hauteur de l'arbre (respectivement $r = 0,856$; $r = 0,711$; $r = 0,684$) et aussi entre le diamètre de l'arbre et la hauteur de l'arbre ($r = 0,77$).

La hauteur de l'arbre présente une corrélation très hautement significative positive avec le diamètre du houppier ($r = 0,864$) et la hauteur du houppier ($r = 0,983$).

Une corrélation hautement significative est obtenue aussi entre la hauteur du houppier et le diamètre du houppier ($r = 0,55$).

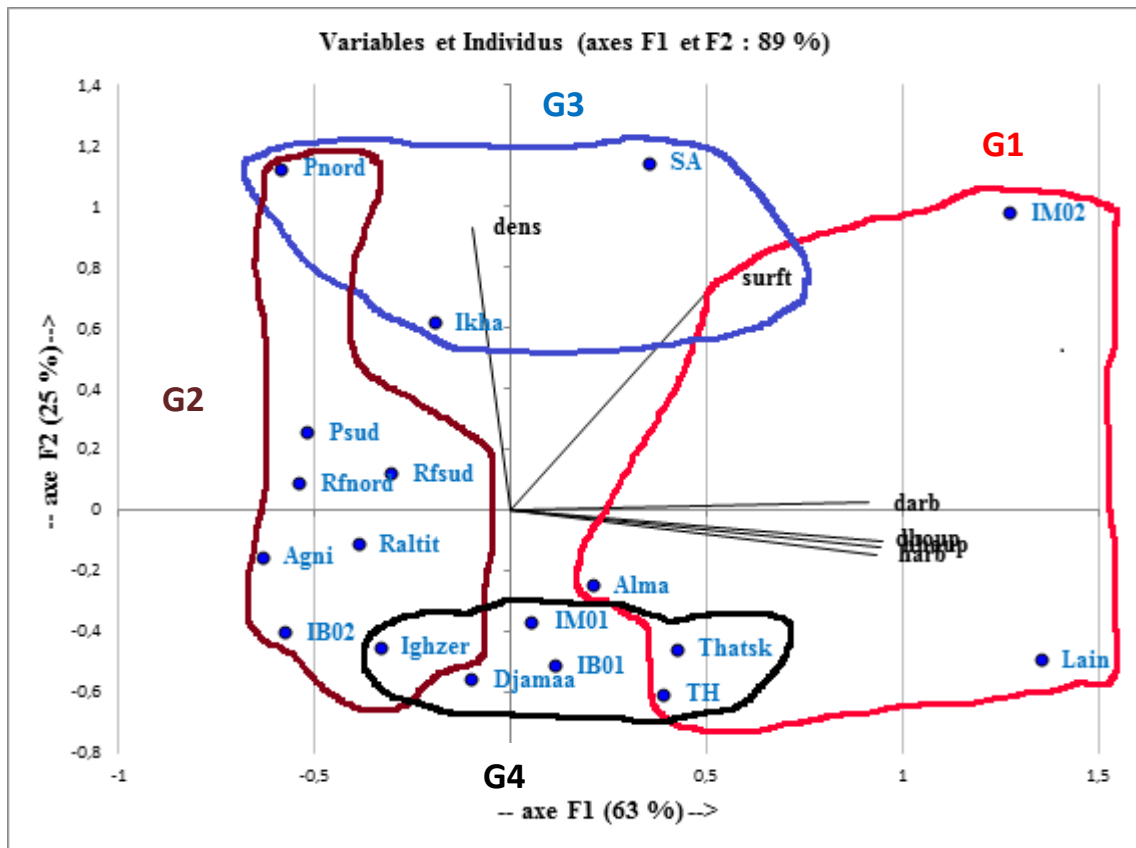


Figure 26 : Regroupement des variables et des individus sur le plan factoriel (1 x 2).

Chapitre 6 :
Discussion

6. Discussion

Composition en espèces ligneuse et complexité des strates

Les résultats de l'étude de la composition en espèce ont révélé que le cèdre domine dans toutes les stations, tandis que les autres espèces accompagnatrices sont plus représentées à l'état dominé à l'exception d'*Acer obtusatum* et de *Quercus canariensis* qui sont présents à l'état co-dominants au niveau de la station Lainser Inedjaren.

La répartition des espèces est fonction de deux paramètres essentiels l'altitude et l'exposition.

A basse altitude, le peuplement est limité par une formation mixte ou le chêne vert devient dominant favorisé par l'augmentation des températures.

En moyenne altitude et en haute altitude, le cèdre domine avec la présence de quelques pieds de chêne vert qui se raréfient en montant en altitude (Pic des cèdres nord et Sud).

En moyenne altitudinales et en exposition nord, on note aussi la présence de *Daphne laureola* et d'*Ilex aquifolium*, indicateurs de faciès plus humides dans deux stations : Lainser Inedjaren et Ifri Bagour II.

D'après nos observations sur le terrain, plus haut, dans le plateau de Hizer (endroit prospecté et non inclus dans l'échantillon étudié), les espèces arborescentes étant absentes ou rare représentées par quelques pieds de *Cedrus atlantica*, *Taxus baccata* sur roche, accompagnés de quelques ligneux bas comme *Crataegus* et *Juniperus communis* ainsi que espèce xérophytes épineuses en forme de coussinet.

Dans l'ensemble, la station Lainser Inedjaren est la plus complexe, elle est caractérisée par la plus grande richesse floristique (présence d'espèces exigeantes en humidité).

D'autres caractéristiques du milieu physique (dépôt, drainage, topographie, relief, climat) influencent aussi la composition des peuplements et pourraient également affecter leur structure ou encore la rapidité avec laquelle ils changent de structure (Lindenmayer *et al* 1999, Bebi *et al* 2001 in Boucher & al 2003).

Selon McElhinny *et al* (2005), la composition en espèces a beaucoup d'influence sur la structure d'un peuplement.

Structure diamétrique :

Le diamètre moyen pour les cédraies de Thala Guilef est de 19,5 cm correspondent à une circonférence moyenne de 0,61m. Cette valeur est inférieure aux résultats obtenus par les différents auteurs (annexe 03) : Nedjahi (1988) à Chréa, Zedek (1993) à Thniet El Had, Younes (1993) à Tala Guilef, Hadouchi & Mecheri (1993) à Tikdjda et Rabhi & al. (2014)

pour le reboisement de Tirourda. Ce résultat est dû vraisemblablement à la différence de méthodes d'échantillonnages utilisées, du faite que nous avons quantifié toutes les tiges, même les plus jeunes (< 10cm de diamètre),

Les jeunes tiges présentent une forte densité variant de plus de 200 tiges/ha (Refuge Amirouche sud et Restaurant d'altitude) à moyennes altitude, à 984 tiges/ha en haute altitude (Pic des cèdres nord).

Au niveau de la cédraie de Thabourth El Inser le diamètre moyen est de l'ordre de 39,95 cm correspondant à une circonférence moyenne 1,25m de valeurs proche de celles obtenues par Zedek (1993) pour la cédraie de Thniet El Had, par Younes (1993) à Tala Guilef, par Hadouchi & Mecheri (1993) à Tikdjda et par Rabhi et al (2014) pour le reboisement de Tirourda. Ce résultat s'explique par une faible représentativité des plus jeunes tiges (< 10cm de diamètre) allant de 0 tiges/ha à Thaghzouth à 190 tiges à Semdh Azeggagh. Cette circonférence est toutefois supérieure à la moyenne citée par Nedjahi (1988) pour la cédraie de Chréa.

En ce qui concerne la distribution des tiges par classe de diamètre il apparait que la classe D1 < 10cm est la mieux représentée au niveau de la cédraie de Thala Guilef, exception faite pour les stations de basse altitude (Djamaa Adherchi et Agni Izamaren) où c'est la classe D2 (10 à 20cm) qui domine. Ces deux stations sont situées en amont d'une source appelée source Djamaa Adherchi qui est très fréquentée par les villageois et les touristes. Le nombre élevé de classes D2 pourrait être le témoin d'une époque récente où l'intensité du pâturage était plus faible. Dans ces deux stations faible représentativité de la classe D1, pourrait être liée à l'intensité du pâturage ayant augmenté au cours de ces dernières années et au degré d'ouverture du peuplement.

Selon M'hirit (2006), quand l'ouverture du peuplement est importante, l'élévation de température provoque le dessèchement des semis. De même que le pâturage constant produit généralement à un tassement du sol, empêchant la germination des graines et la pénétration des racines des semis dans le sol deviennent plus difficile.

Les semis de cèdre exigent préférentiellement des sols poreux et aérés à texture légère qui améliore la croissance racinaire et permet aux plantules d'échapper à la dessiccation des horizons superficiels (Derridj, 1990).

Mediouni et Yahi, (1993), signalent que le broutage de la strate arbustive et herbacée rend la régénération difficile, et même parfois impossible. Ce broutage favorise aussi l'érosion des sols et le lessivage des éléments nutritifs (Bentouati & Bariteau, 2006).

Krouchi & al. (2004) et Krouchi (2010), ont mis en évidence une différence de fertilité et une variation interannuelle de l'effort de reproduction des arbres, cette variation à été signalée aussi en France par Toth (1978).

La plus petite classe de diamètre (<10 cm) est aussi absente à Lainser Inedjaren, sous-représentée en basse altitude (Agni Izamaren, Djamaa Adherchi, Ighzer Tmejja et Thala Tsekrin) et fortement représentée en moyenne et haute altitude dans la cédraie pure quelque soit l'exposition, tandis que les arbres de gros diamètres > 100 cm sont absents en basse altitude, plus représenté en moyenne et haute altitude et ce quelque soit l'exposition et le type de peuplement : pur (Pic nord, Pic sud, Refuge Amirouche nord, Refuge Amirouche sud et Restaurant d'altitude) ou mixte cèdre-chêne vert (Lainser Inedjaren, Alma et Ikharaden).

Au Restaurant d'altitude, Krouchi 2010 a montré qu'à l'intérieur de la cédraie, les taches ou bouquets de régénération peuvent être constitué de génotypes différents (de semenciers différents sur le plan génétiques).

Dans la cédraie de Thabourth El Inser, au niveau des stations de l'horizon inférieur du cèdre, la classe D1 est bien représentée ce qui peut s'expliquer par l'ambiance humide qui y règne dans ce milieu (toutes ces stations bénéficient de facteurs de compensation du milieu).

L'absence totale de la de régénération (classe D1) au niveau de deux stations : Lainser Inedjaren et Thaghzouth peut s'expliquer par le fait que dans la première le recouvrement est assez dense donc la quantité de lumière sous couvert n'est pas importante, et dans la deuxième, par la sécheresse du milieu (exposition sud et faible degré de recouvrement) et la pente excessive qui a favorisé le phénomène d'érosion (substrat meuble caillouteux)

Selon Dubé (2007), la qualité de la lumière peut avoir un impact sur la germination des graines de certains conifères, donc, le degré d'ouverture du peuplement peut avoir une influence sur les jeunes plants.

Le recouvrement par le cèdre de l'Atlas peut aussi avoir une influence sur les caractéristiques pédologiques, qui peuvent en retour avoir un impact sur la régénération de *Cedrus atlantica* et des autres espèces via la disponibilité des nutriments (Dubé, 2007).

La décomposition des aiguilles de conifères a un effet négatif sur le pH du sol, cette acidification de la litière réduisant l'activité des décomposeurs présents dans le sol ainsi que la disponibilité de plusieurs nutriments (Barbour & al. 1987 in Dubé 2007)

Les stations de haute altitude se distinguent par une plus forte densité de la classe D1 (classe des très jeunes tiges) qui est de l'ordre de 984 tiges/ha au niveau de la station Pic des cèdres nord et 396 tiges/ha au Pic des cèdres sud. Dans leur contexte actuel, ces deux stations sont moins sujettes à l'action anthropique et bénéficient de facteurs locaux favorables. La

présence de quelques semenciers a permis le renouvellement du cèdre dans ce milieu, mais la faible représentativité des autres classes indique que ces deux stations auraient subi une forte dégradation par le passé.

En ce qui concerne la classe de diamètre la plus élevée notée D11, correspondant à un diamètre supérieur à 1m, elle est absente dans la tranche altitudinale basse de la cédraie de Thala Guilef (Agni Izamaren, Ighzer Tmejja, Djamaa Adherchi), et présente dans toutes les stations de Thabourth El Iner. Son absence dans le premier cas pourrait s'expliquer par le fait que les stations concernées auraient subi un déboisement massif par le passé. Sa présence dans le deuxième cas pourrait s'expliquée par la faible fréquentation du site.

En ce qui concerne les classes de diamètres intermédiaires, au niveau des stations de haute (pic des cèdres nord et pic des cèdres sud) et de moyenne altitude (Refuge Amirouche Nord et Refuge Amirouche Sud) culminant respectivement sur la ligne de crête Thazrout Tamellalt et de Thala Guilef, elles sont soit absentes ou faiblement représentées. Ce qui peut-être dû à la présence de cèdres millénaires qui par le volume important de leurs houppiers couvrent une grande superficie de la station empêchant ainsi l'installation des semis. Ces derniers se regroupent par cohortes au niveau des troués créées par l'ouverture du peuplement. Les densités faibles des classes intermédiaires traduisent les difficultés rencontrées par la cédraie à se reconstituer naturellement. Cette difficulté est aussi traduite par un manque de certaines classes dans quelques stations. En effet, selon Geldenhuis, (2010) *in* Tessi & al. (2012), le succès de sa régénération d'une espèce renseigne sur son maintien dans une forêt.

L'absence de certaines classes renseigne sur les fluctuations inter annuels que subit la régénération. Elle peut refléter soit l'absence de graines, soit un manque de pollen, soit absence de reproduction ou bien échec ou difficulté de germination de ces graines, donc il y'a pas que le broutage qui perturbe la régénération mais des facteurs intrinsèques à l'arbre peuvent aussi intervenir.

Types de structure diamétriques :

En ce qui concerne la structure diamétriques les résultats ont révélé 4 types: en « L », en « J inversé », en cloche et en dents de scie.

➤ **Type 1: Distribution décroissante en « L »** dite structure « irrégulière ». Elle est rencontrée dans une station de haute altitude (Pic des Cèdres Sud) et dans deux stations de moyenne altitude (Refuge Amirouche Nord et Sud), avec une forte représentativité de la petite classe de diamètre (**D1**). Cette allure est le résultat du renouvellement du peuplement arborescent par des cohortes de régénération. Dans ces peuplements, la

régénération naturelle est exprimée de façon hétérogène, notamment en fonction de la lumière disponible au sol, entraînant une grande hétérogénéité des structures forestières (Goureaud , 2000).

- **Type 2: Distribution en « cloche »** dite structure « régulière ». Elle est observée dans les stations Djamaa Adherchi et Ighzer Tmeja, caractérisées par l'abondance de la classe de diamètre (**D2**), composée d'individus de grosseurs similaires et représentent un peuplement jeune. Elle indique que ces stations présentent une dynamique régulière dénotant une régénération constante dans le temps (Adjonou & al, 2010). Selon Pardé & Bouchon (1997), dans un peuplement régulier, les tiges se répartissent suivant une loi de forme unimodale. Cette forme régulière selon Fargeot et *al.* (2004) se ramène à une courbe en cloche complète ou tronquée représentant une structure diamétrique déséquilibrée indiquant un problème de régénération, passé, actuel ou futur, de l'espèce étudiée.
- **Type 3:** Distribution en « J inversé », dite structure « irrégulière ». La distribution des tiges est représentée par une courbe exponentielle en J-inversé, qui traduit le caractère irrégulier des peuplements (Pardé & Bouchon, 1988). Ces types de peuplements ne sont pas nombreux dans la cédraie de Thala Guilef (Restaurant d'Altitude, Pic des cèdres Nord, Ikharaden) et complètement absents dans la cédraie de Thabourth El Inser. Cette structure est caractérisée par un plus grand nombre de petits arbres par rapport aux grands arbres et une réduction progressive du nombre d'arbres dans les classes de diamètre supérieures. Selon Feeley & *al.* (2007), pour des espèces présentant une telle structure, les tiges d'avenir sont en nombre suffisamment élevé et le renouvellement de la population est assuré.
- **Type 4:** Distribution en « dents de scie », dite structure « **irrégulière** », traduisant une irrégularité de la distribution des diamètres. Ce type de structure est rencontré dans toutes les stations de la cédraie de Thabourth El Inser et dans le reste des stations de la cédraie Thala Guilef.

Les peuplements ayant subi une forte perturbation dans un passé récent présentent généralement une structure régulière, alors que les peuplements dont la dernière perturbation majeure est survenue il y a plus longtemps présenteraient une structure davantage irrégulière ou une distribution en « J » inversé (Oliver & Larson 1996, Smith *et al.* 1997 in boucher & al 2003).

Selon Letocart (2002) in Gaudin (1996) la structure irrégulière rend les peuplements plus résistants aux divers dangers et garantit une couverture permanente du sol et favorise la régénération.

Des conditions écologiques particulières et des facteurs historiques souvent liés aux mécanismes de la régénération modifient localement et sans cesse les structures. Ces dernières subissent des changements dynamiques, conséquences de la croissance des arbres, du recrutement de nouvelles tiges et de la mortalité (Lussier et al. 2002).

Lanier (1986), signale que les facteurs influençant la croissance en diamètre sont nombreux ; parmi eux, la fertilité de la station, mais également les caractères individuels des arbres, leurs provenances ainsi que les « incidents de parcours » (accidents, incendies, sécheresse, attaque parasitaires...).

Block et Treter (2001), pour leur part, citent de nombreux facteurs, tels que la productivité des semences et la dispersion, la concurrence, les facteurs environnementaux, les agents pathogènes et la perturbation anthropique, pourraient influencer sur la structure du peuplement.

Structure verticale :

Les hauteurs totales des tiges dans la cédraie de Thala Guilef, se répartissent entre 3 classes (en haute altitude) et 7 classes (en moyenne altitude), avec une plus forte représentativité des différentes classes au niveau de la station Thala Tsekrin, tandis-que pour la cédraie Thabourth El Inser les 5 premières classes sont présentes dans toutes les stations avec la dominance de trois premières.

La plus grande classe de hauteur notée H7 est présente seulement dans les stations de couvert fermé (Lainser Inedjaren et Thala Tsekrin) au niveau de la cédraie de Thala Guilef. La concurrence pour la lumière et l'ambiance humide qui règne (présence de mousses et de lichens sur les troncs des arbres) dans ces deux stations favoriserait l'accroissement en hauteur des arbres. Des hauteurs maximales de 40 et 34 m ont été mesurées respectivement au niveau de ces deux stations. Ces hauteurs sont très élevées par rapport aux autres stations. Ce qui suppose que le peuplement aurait connu une certaine perturbation due à la compétition inter-spécifique à une certaine époque de la vie du peuplement. Bien que ces stations soient caractérisées par une pente excessive, elles représentent de belles cédraies installées à partir des graines des semenciers proches, après un déblaiement consécutif à l'ouverture d'une piste forestière dans les années 70.

La croissance en hauteur de l'arbre peut être interprétée comme le résultat de l'interaction entre le génotype et les conditions écologiques, et parmi elles les facteurs climatiques et microclimatiques (Aussenac & al. 1981).

La hauteur varie en fonction de la vigueur des individus, ainsi les arbres juvéniles ont tendance à croître plus rapidement en hauteur afin d'atteindre la lumière (Riera & al. 1990).

Les hauteurs totales des arbres d'un peuplement et leurs diamètres, ne sont pas distribuées au hasard ; leur arrangement global est le résultat d'une lutte pour l'existence et la lumière ainsi que d'un dynamisme interne qui traduit l'interaction entre les individus et l'écosystème.

Dans l'ensemble, la hauteur moyenne des stations exposées au Nord est plus importante (8,29 m) que celle des stations exposées au sud (7,98m). L'exposition Nord, d'une manière générale, est plus arrosée que l'exposition Sud.

C'est dans la partie haute de la cédraie étudiée que nous avons trouvé le maximum d'individus jeunes du peuplement (ces derniers étant presque absents dans la limite inférieure). La hauteur moyenne dans cette partie est de 3,48 m, elle est largement plus faible que la moyenne générale qui est de 7,29 m. On peut expliquer cette faible hauteur par la forte présence de jeunes individus (de hauteur inférieure à 5 m), par la pente modérée (29°) et aussi par la persistance de la neige pendant quelques mois.

Les deux cédraies sont constituées de tiges de hauteur variable, ce qui confère aux peuplements une structure à la fois irrégulière et hiérarchisée.

Une population hiérarchisée au sens de Lussier et al. (2002), présente une répartition des individus par classe de taille de sorte que : (i) il y a une forte variabilité dans la dimension des arbres; (ii) il y a relativement peu de grands individus et beaucoup de petits et (iii) les quelques grands individus contribuent de manière importante à la biomasse du peuplement.

Oldeman (1941) in Riera & al (1990) a montré que chez les jeunes arbres, conformes à leur modèle initial, la hauteur est généralement supérieure ou égale à 100 fois le diamètre et devient inférieure lorsque l'individu atteint sa maturité et émet de nombreuses réitérations.

Les changements au fil du temps dans la structure verticale et dans la composition des peuplements forestiers se traduisent par un changement dans la structure de taille et d'âge, passant d'une structure unimodale à bimodale puis multimodale (Brassard & Chen 2010).

La hauteur moyenne, calculée est de 5.5 m dans les stations de Thala Guilef et de 9,08 dans les stations de Thabourth El Inser. Cette hauteur est très faible par rapport aux autres cédraies du massif du Djurdjura (op. cit.) et à la cédraie de l'Atlas blidéen (op. cit.) et à

celles du Belezma (op. cit.). Ces faibles hauteurs comme dans le cas du diamètre pourraient s'expliquer par la méthode d'échantillonnage adoptée dans notre démarche (mesure de la hauteur des plus petites tiges).

L'analyse de la distribution des individus par classes de diamètre et de hauteurs pour les différentes stations nous a permis d'apprécier les variations dans la forme de la structure diamétrale en leur sein. Elle a révélé une répartition dissymétrique traduisant la prédominance des individus de petits diamètres et de petites hauteurs. La prédominance des jeunes plants influencerait fortement le diamètre et la hauteur moyennes des arbres (Sahu & al. 2007 in Adjonou & al. 2010).

La densité et surface terrière :

La densité moyenne de la cédraie est de 622 tiges/ha pour Thala Guilef et de 500 tiges/ha pour Thabourth El Inser. A l'échelle des deux cédraies, la densité est de 924 tiges/ha dans la cédraie supérieure, de 455 tiges/ha dans la cédraie d'altitude intermédiaire et de seulement de 190 tiges/ha dans la cédraie inférieure la densité.

Des valeurs encore plus élevées, avoisinant 3000 tiges par hectare, ont cependant été signalées par Messaoudene (com. orale) pour la région de Thala Guilef dans la jeune cédraie qui s'est installée après l'ouverture, dans les années 70, d'une piste reliant la maison forestière au restaurant d'altitude.

Les individus de cèdre abondent dans les expositions Nord avec un maximum de 1352 tiges/ha au Pic des cèdres nord (Cédraie de Thala Guilef) et aussi dans les expositions Sud avec un maximum de 1088 tiges/ha à Semdh Azeggagh (Cédraie de Thabourth El Inser). Cette dernière se distingue par la difficulté d'accès due au type de substrat qui est rocailleux et aussi par son orientation Ouest.

La densité minimale enregistrée dans la cédraie Thabourth El Inser, concerne la station Thaghzouth à exposition Sud, avec un effectif de 56 tiges/ha et dans la cédraie Thala Guilef elle concerne la station Djamaa Adherchi en exposition nord avec 80 tiges/ha. Dans la première station ce seraient d'avantage le facteur pente (excessive) combiné au type de substrat (éboulis) qui empêcheraient le renouvellement du cèdre, tandis-que dans la deuxième station ce serait plutôt l'action du facteur anthropique y compris un taux de fréquentation élevée qui en seraient responsables.

Une faible densité des individus favorise l'interception de la lumière et la croissance des arbres en diamètre comme c'est le cas des peuplements Djamaa Adherchi, alors qu'une forte densité des individus, accentue le phénomène de compétition et freine la croissance en diamètre des arbres c'est le cas du Pic des cèdres nord.

Les deux stations de haute altitude étudiées ont probablement subi une forte dégradation par le passé ce qui a créé une importante ouverture du peuplement. D'après M'hirit *et al.* (2006), à haute altitude et sur les versants bien arrosés, une ouverture accentuée des peuplements sera bénéfique pour élever suffisamment la température, permettre la germination des graines et favoriser la photosynthèse des semis. Actuellement ces deux stations de haute altitude sont loin du carrefour de l'homme et de ses animaux, donc les jeunes individus dans ces stations échappent en partie au piétinement et à la dent du bétail ce qui pourrait expliquer leurs fortes densités et leur maintien.

Les résultats ont révélé aussi que la densité du cèdre varie à l'intérieur d'une même gamme d'altitude. Cette variation peut être le résultat de l'effet d'autres facteurs du milieu.

Les densités élevées sont distribuées sur les terrains à pentes faibles des stations ImoulaII, Ikharradhen, Semdh Azeggagh et Pic des cèdres nord respectivement 608, 864, 1088 et 1352 tiges/ha. Par contre, les densités les plus faibles sont enregistrées au sein des stations mixtes à pentes excessives (i.e. inclinaison de 41% et plus) et à faible altitude.

Le nombre élevé de tiges dans la station Ikherraden (864 tiges/ha) est peut-être lié au type de peuplement (cédraie mixte). Le couvert de chêne vert favorise l'apparition d'un microclimat forestier plus humide favorable à la régénération du cèdre de l'Atlas (Lecompte, 1986 ; Lamhamedi & Chbouki, 1993 ; M'hirit & *al.* 2006 in Dubé, 2007).

Selon Francllet (1972) in Jdaïdi (2009), le nombre de tiges augmente pendant la période de construction du peuplement, puis il diminue très rapidement et d'une façon continue sous l'effet de plusieurs facteurs tels que l'influence de l'homme, la concurrence vitale entre les espèces et les sujets d'une même espèce et les facteurs accidentels comme la neige, les vents violents et les invasions d'insectes.

En ce qui concerne les surfaces terrières obtenus dans ce travail, elles ont montré une forte variabilité, conséquence de la fluctuation dans les distributions des tiges par catégories de diamètre dans les 18 stations étudiées.

La station d'Imoula II, se distingue par la surface terrière la plus élevée des 18 autres. Cette position particulière est à mettre en relation avec la plus forte proportion de gros arbres (dbh >100 cm) signalée précédemment.

La station de Semdh Azeggagh a aussi une surface terrière importante, ce qui est peut être lié d'une part au nombre élevé des tiges de cèdres (1088 tiges/ha) et d'autre part, au fait que plus de 30% des tiges de cette station présentent des diamètres > 50 cm.

La densité la plus élevée a été enregistrée au pic des cèdres nord (1352 tiges/ha) à laquelle correspond une surface terrière moyenne de l'ordre de 76 m²/ha. Cette valeur pourrait s'expliquer par le pourcentage élevé (i.e. près de 80%) des petites tiges (diamètre < 10 cm).

Les plus faibles surfaces terrières ont été enregistrées au niveau des stations de basse altitude ce qui peut être lié d'une part au nombre faible de tiges dans ces stations et d'autre part à la proportion élevée (70 et 80%) des petites tiges (diamètre < 10 cm).

Forme des houppiers

La forme conique du cèdre avec présence de la flèche terminale a été observé chez 57% des jeunes arbres de l'ensemble des 18 stations.

La forme tabulaire caractéristique des sujets centenaires n'est représentée que par 4 % de l'ensemble des individus.

La perte de la flèche a été observée sur des sujets très volumineux à cime tabulaire chez lesquels les diamètres ne sont pas en proportionnalité avec les hauteurs. Ces cas ont été observés dans les stations de la cédraie pure dense (Refuge), dans les stations de la cédraie mixte dense (Thala Tsekrin et Lainser Inedjaren), dans les cédraies clairiérées des crêtes (pic des cèdres) et dans une station de cédraie mixte de bordure (Alma).

D'un autre côté, d'autres formes du houppier de l'arbre (port déformé) ont été observées sur les jeunes tiges de cèdre qui ont des hauteurs < 50cm, ces différentes formes résultent soit de l'effet du poids de la neige soit du piétinement des semis par les bovins aux premiers stades juvéniles. Ce cas a été observé dans les stations ouvertes comme dans les stations fermées surtout quand la pente faible permet au bétail de s'y reposer.

L'évolution de la forme du houppier de cèdre au cours du temps reflète les conditions du milieu (Gaussen, 1923 in Derridj, 1990). Elle est fortement liée à la croissance des arbres (Rabhi, 2015).

D'après Derridj (1990), l'effet du facteur génétique sur l'architecture des arbres ne doit pas être écarté ou négligé, puisque c'est surtout l'interaction entre le génotype et l'environnement qui détermine l'expression phénotypique des individus.

Le diamètre et la hauteur du houppier

Le diamètre se distribue en 2 classes à basse altitude et haute altitude et en 3 classes pour quelques stations de moyenne altitude. Les 18 stations partagent en commun la forte représentativité de la classe des petits diamètres du houppier (< à 10m). Les plus gros diamètres du houppier ont été observés surtout sur les crêtes de la cédraie millénaire (refuge Amirouche) et en haute altitude (pic des cèdres).

Bragg (2001) *in* Rabhi (2015) note que la largeur du houppier est un excellent prédicateur de croissance et du rendement des arbres. Sont expansion est soumise à une compétition de plus en plus importante, selon la densité des arbres voisins, pour l'espace et donc pour la lumière (Zhang & Chauret, 2001 *in* Adili, 2012).

En ce qui concerne la hauteur du houppier, elle se répartit entre 6, 4 et 3 classes respectivement à basse, moyenne et haute altitude, avec une forte représentativité des valeurs < 5m dans ces deux dernières tranches altitudinales.

Adili (2012) note que la croissance et l'expansion de la cime des arbres est influencée par la compétition entre les individus pour l'eau, les nutriments et la lumière.

Conclusion générale

Conclusion

Au terme de ce travail, nous reprenons succinctement les données de l'échantillonnage réalisé sur 18 stations au sein de différents faciès de la cédraie du Djurdjura Nord-ouest (Thala Guilef et Thabourth El Inser) en tenant compte de: l'altitude (basse, moyenne et haute), de l'orientation (Nord vs Sud) et de la composition (cédraie pure vs cédraie mixte). Dans chaque station, nous avons mesuré les paramètres structuraux du cèdre et des espèces ligneuses associées (la hauteur des tiges, le diamètre des tiges, la hauteur du houppier, le diamètre du houppier, le nombre de tiges à l'hectare et la surface terrière ramenée à l'hectare) sur un totale de 1612 tiges toutes espèces confondus dont 976 tiges de cèdre. Dans ce travail, nous n'avons traité que les données relatives à la structure du cèdre.

Les résultats obtenus par l'analyse statistique des paramètres dendrométrique du cèdre ont révélé que le diamètre moyen oscille entre 5,09 et 67,76 cm ; la hauteur moyenne varie de 3,05m à 14,95m ; la densité et la surface terrière (ramenées à l'hectare) varient respectivement de 56 à 1352 tige/ ha et de 4,33 à 309 m²/ha.

Par l'analyse statistique des données dendrométriques, nous n'avons pas pu mettre en évidence l'effet individuel d'un facteur stationnel. En effet, la distribution des tiges par classes de diamètre et l'analyse de la densité des individus ont montré que la présence ou l'absence de régénération, ne semble régie, ni par le facteur altitude (basse, moyenne et haute) seul, ni par l'exposition (Nord vs Sud) seule, ni par le type du peuplement (cédraie pur vs cédraie mixte) seul, puisque des densités élevées des tiges de moins de 10cm considérées comme un indicatrice de la régénération ont été notées dans une station de cédraie pure (au Pic des cèdres Nord), d'orientation Nord et de haute altitude et dans une station de cédraie mixte (Semdh Azeggagh) d'orientation Ouest et d'altitude moyenne. L'absence de cette régénération a été observée dans des stations à altitudes et à expositions différentes (Thaghzouth située en basse altitude et en exposition sud et Lainser Inedjaren située en moyenne altitude en exposition Nord). De plus, les semenciers correspondant aux tiges de plus de 1 m de diamètre) ne sont présents dans la plupart des stations mais avec des effectifs variables. De même le manque de quelques classes intermédiaires a été observé dans des stations appartenant à différent types de peuplement, l'altitude et l'orientation. Ce manque de classes est le témoin d'un recrutement irrégulier des tiges dans l'espace et dans le temps.

Ce constat sur le diamètre est valable pour la hauteur. En effet, les hauteurs les plus importantes ont été observées dans les stations à couvert fermé, tandis que les densités les

plus importantes ont été observées dans une station de moyenne altitude et d'exposition sud (Semdh Azeggagh) et une station de haute altitude et d'exposition Nord (Pic des cèdres Nord).

Les quatre types de structure diamétriques (en « **L** », en « **J inversé** », en « **cloche** » et en « **dents de scie** ») que nous avons obtenues dans ce présent travail dénotent la dominance de la structure irrégulière traduisant le caractère inéquienne du peuplement.

Les résultats de l'analyse des paramètres dendrométriques individuellement concordent avec ceux de l'analyse en composantes principales, qui ont permis de déduire que la ségrégation des stations étudiées pour les caractéristiques dendrométriques du cèdre (diamètre et hauteur des arbres, diamètre et hauteur du houppier, densité et surface terrière) ne correspond pas tout à fait à leur agencement spatial (leur distance les unes aux autres, leurs altitudes et/ou expositions) ; ou à leur composition en espèces (cédraie pure vs cédraie mixte), mais serait le résultat de l'alliance de plusieurs facteurs stationnels en interaction avec l'influence anthropique présente dans toutes les situations.

Pour conclure, nous pouvons dire qu'à l'échelle du périmètre prospecté, l'étude a montré que la combinaison des facteurs locaux (pente, exposition, substrat) et du degré d'accessibilité à l'homme et ses animaux ont donné lieu à des situations micro-stationnelles différentes sur le plan de la dynamique de régénération, de la structure et de la composition floristique (ligneuse).

En guise de perspective et pour une description plus exhaustive de la dynamique de ces cédraies, il serait intéressant d'élargir et de densifier l'échantillonnage à l'intérieur des périmètres prospectés et d'inclure d'autres descripteurs stationnels comme la nature et la profondeur des sols, ainsi que d'autres variables comme l'âge des individus.

Des études sur la concurrence et la vigueur des arbres devraient permettre aussi une meilleure interprétation des distributions. Une fois affinée la caractérisation structurale à l'échelle du périmètre prospecté, on pourrait envisager de modéliser l'effet de l'ensemble des facteurs écologiques et anthropiques sur la dynamique structurale de la cédraie de l'ensemble du massif.

Références bibliographiques

- Abdesselam, M. 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen: Exemple du Djurdjura Occidental (grande Kabylie Algérie). *Thèse Doct.* 232p.
- Abdessemed, K. 1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aures et de Belezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. *Thèse Doct. Fac. St. Jérôme, Marseille*:199 P.
- Abourouh, M. & M. Morelet. 1999.** Les champignons parasites du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord et en France. *For. med.* **20**:198-202.
- Adili, B. 2012.** Croissance, fructification et régénération naturelle des peuplements artificiels de pin pignon (*Pinus pinea*) au nord de la Tunisie. *Thèse Doct. Univ. Blaise Pascal* : 254p.
- Adjonou, K., O. Djiwa, Y. Kombate, A. D. Kokutse, & K. Kokou. 2010.** Étude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo: implications pour une gestion durable des aires protégées. *Int. Jour. Biol. & Chem. Sci.* **4**.
- Alileche, A. 2012.** Étude du dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la cédraie des Aures: Belezma (Batna) et Chelia (Khenchela). *Mem. Mag. univ. Sci. & techn. Houari Boumediene, Alger*.
- Angers V., M. Beaudet, F. Guillemette, J.-P. Jette, & C. Messier. 2014.** Complexité structurale des peuplements feuillus : caractérisation, influence de l'aménagement et avenues pour la restauration: 64p.
- Anonyme. 2011.** Les 6 grands types de peuplements forestiers : la caractérisation des peuplements forestiers. CRPF Auvergne - Schéma régional de gestion sylvicole d'Auvergne – *Version définitive*:51 - 69.
- Ashton, P. S. & P. Hall. 1992.** Comparisons of structure among mixed dipterocarp forests of North-Western Borneo. *Jour. Ecol.* **Vol. 80, No. 3**:459-481.
- Aussenac G., 1984.** Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysiological. *Bull. Soc. Bot. Fr., Actual. Bot.*, 131, (2/3/4): 385-398.
- Aussenac, G., A. Granier, & P. Gross. 1981.** Étude de la croissance en hauteur du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) utilisation d'un appareillage de mesure automatique. *Annales des sciences forestières. Ann. Sci. Forest.* 38(3), 301-316
- Azzouzi, E. & R. Keller. 1998.** Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *For. Med*, 23.
- Azzouni A. (1980).** Étude de la croissance du cèdre de l'Atlas introduit en moyenne altitude dans l'Atlas tellien. *Mem. Ing. Agro. I.N.A El Harrach-Alger*, 60 p.
- Barbero M., Loisel R., Médail F. & Quézel P., 2001.** Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Boccone*, 13 : 11-25.

- Bariteau, M., K. T. P. Panetsos, O. M'hirit, & A. S. Yiannes. 1999.** Variabilité génétique du cèdre en comparaison aux autres cèdres méditerranéens. *For. Med. T. XX, (4)*:175 - 190.
- Bebi, P., F. Kienast, & W. Schoënenberger. 2001.** Assessing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests dynamics & protective function. *For. ecol. & manag. 145*: 3 - 14.
- Belloula, N. 2010.** Etude sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Belezma (wilaya de Batna): Apport de la télédétection et sig. . *These. Mag. Univ. Batna*:157p.
- Benhalima, S. 2006.** Les insectes xylophages et leur rôle dans le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans le haut et le moyen Atlas (Maroc). *Univ. Mohammed V - Agdal Institut Scientifique Rabat*: 107 p.
- Benmouffok, A. 1994.** Approche écopedologique dans les formations à *Cedrus atlantica*. cas du massif du Djurdjura, Algérie. *Ann. Rech. For. Maroc 27*:205-217.
- Bellahcene O. Et Bensaad F. (1990).** Contribution à l'étude des relations sol-vegetation de la partie nord du Djurdjura (région de Tala-Guilef). *These Ing. Agro.Ummto. 89 P.*
- BENSAID S.; GASMI A.; BENHAFIED I. 2006.** Les forêts d'Algérie, de Césarée la romaine à ce jour. Marseille, France *Assoc. For. Méd., Tome XXVII - N°3*
- Bentouati, A. 1999.** Première Etude De La Croissance Et De La Productivité Du Cèdre De L'Atlas (*Cedrus Atlantica* M.) Dans Le Massif Du Belezma (Aures-Algérie). *For Med. (2) 115-119.*
- Bentouati, A. 2008.** La situation du cèdre de l'Atlas des Aurès dans les Aurès. *For. Med. T. XXIX, (2)*: 203-208
- Bentouati, A. & B. Oudjehih. 1999.** Première étude de la croissance et de la productivité du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma (Aures - Algérie). *For. Méd. T. Xx, N° 2*:115 - 119.
- Bentouati A. & M. Bariteau, 2006.** Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie) *For. méd. t. XXVII, n° 4, 6*: 317-322.
- Block, J. & U. Treter 2001.** The limiting factors at the upper and lower forest limits in the mountain-woodland and steppe of northwest Mongolia in proceedings of the international conference on tree rings and people. Davos, 22-26.
- Boucquet, A. 2005.** Diagnostic écologique de l'interface entre savane à Niaouli produits de l'activité humaine et forêt sèche. Institut agronomique néo-calédonien, Montravel. *Forêt sèche/IAC Rapport n° 11*: 61.
- Bouahmed A .2012.** Application d'un SIG à la cartographie physiognomique de la cédraie mixte des Ait-Ouabanes (Djurdjura N-E, Tizi-ouzou). *Mém. Mag. Agro, option écologie forestière. Univ. Ziane Achour, Djelfa.*

- Bouheraoua H., 1993.** Contribution à l'étude phytosociologique et phytodynamique des groupements végétaux de la forêt du Boudjurdjura (Tala Guilef, Djurdjura occidental). *Mém. Ing.Agro. Ummto*, 107 p.
- Boucher, D., L. D. Grandpre, & S. Gauthier. 2003.** Développement d'un outil de classification de la structure des peuplements et comparaison de deux territoires de la pessière à mousses du Québec. *The forestry chronicle* Vol. 79, No. 2, :318 - 328.
- Bouchon, J. 1979.** Structure Des peuplements forestiers. *Ann. sci. for.* 36:175-209.
- Bouchon , J., P. D. Reffye & D. Barthélémy. 1997.** Modelling and simulation of plant architecture. *Ins. Nat. Rech. Agro (INRA)*, 08-23.
- BOUDY. P (1952) :** Guide du forestier en Afrique du Nord . Les essences forestières . *Ed. la maison rustique* , 505 p.
- Brassard, B. W. & H. Y. H. Chen. 2010.** Dynamique de structure et de composition des peuplements en forêt boréale mixte : implications pour l'aménagement forestier. traduit de l'anglais, titre original : stand structure and composition dynamics of boreal mixedwood forest: implications for forest management. réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, Alberta: 21 p.
- Charlo, N.-B. 2011.** Language Termes et concepts de la foresterie moderne. *Tournée des enseignantes et enseignants de l'Atlantique: 26p.*
- Condit, R., R. Sukumar, S. P. Hubbell, & R. B. Foster. 1998.** Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. 152:495-509.
- Dagnelie P., 1971.** Théorie et méthodes statistiques, Applications agronomiques. Vol. 1. Gembloux, Belgique : *Presses agronomiques de Gembloux: 378p.*
- Dagnelie, P. 2003.** Principes d'expérimentation planification des expériences et analyse de leurs résultats. *Presses Agronomiques De Gembloux:398.*
- Dagnelie, P. 2007.** Statistique théorique et appliquée statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. *Presses Agronomiques De Gembloux: 483.*
- Debazac, E.-F. 1964.** Manuel Des Conifères. Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts. 2^e Ed. ENGREF, Nancy. France : 79 - 80.
- Demarteau, M., L. François, R. Cheddadi, & E. Roche. 2007.** Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Geo-Eco-Trop* 31:105-146.
- Derak, M., O. M'hirit, B. Mouflih, & M. Et-Tobi. 2006.** Influence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du cèdre à Sidi M'guild (Moyen Atlas Marocain). *For. Med. T. Xxix, N° 1, :23 - 32*
- Derridj, A. 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. *Thèse Doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 288p.*

- Dubè, F. 2007.** Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière) et du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans le parc national d'Ifrane au Maroc. Rapport de stage. *Fac. sci. Univ. Sherbrooke, Québec, Canada: 94p.*
- Ezzahiri, M. & B. Belghazi. 2000.** Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au moyen Atlas (Maroc). *Sci. & chang. plan./Secheresse 11:79-84.*
- Fabre, J.-P. 1976.** Extension du cèdre et risques d'attaques d'insectes. *Class. Oxford 174 :453 R.F.F. Xxviii -4-:261 - 269.*
- Fabre, J.P., M. 1999.** Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord en France et en Europe. *For. Med. t. xx, n ° 4, 16: 203 - 218.*
- Fargeot, C., E. Forni, & R. Nasi. 2004.** Reflexion Sur L'aménagement des forêts de production dans le bassin du Congo. *Bois et forêts des tropiques, 281.*
- Faurel, L. & R. Laffite. 1949.** Facteurs de répartition des cédraies dans les massifs de l'Aures et du Belezma. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 40: :178-186.*
- Favrillon, V., S. Gourlet-Fleury, A. Bar-Hen, & H. Dessard. 1998.** Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide éléments pour une méthodologie d'analyse des données. *Cirad-foret campus international Montpellier: 73 P.*
- Feeley, K. J., S. Joseph-Wright, M. N. Nur-Supardi, A. R. Kassim & S.J. Davies. 2007.** Decelerating growth in tropical forest trees. *Ecology Letters, 10: XXX, 1-9.*
- Ficheur, M. E. 1890.** Les Terrains Eocènes De La Kabylie Du Djurdjura. *These Doct. Attache au service geologique de L'Algerie.:498p.*
- Gaudin, S. 1996.** Dendrometrie des peuplements. *Btsa Gestion Forestiere V.1.1:62.*
- Goreaud, F. 2000.** Apports de l'analyse de la structure spatiale en foret tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. *Engref (Agroparistech), French.*
- Gounot, M. 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. *Ed. Masson, Paris, France, 314p.*
- Haddouchi N. & Mecheri O., 1994.** Approche écodendrométrique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tikjda (versant Sud du Djurdjura). *Mémoire. Ing. Agr. Ummto. pp : 79.*
- Harfouche, A. & A. Nedjahi. 2003.** Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l'Aures à la recherche d'un peuplement semencier et d'arbres plus. *Rev. For. Fr. Lv - 2-:113 - 122.*
- Ioanna, K., & G. Petro. 2012.** Ecology and conservation status of *Taxus baccata* population in NE Chalkidiki, northern Greece. *Dendrobiology, 68: 55-62.*

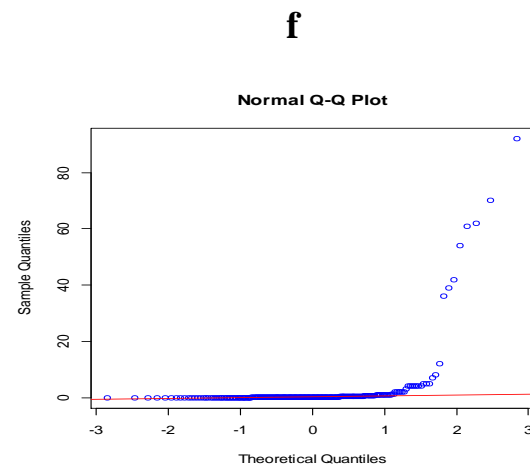
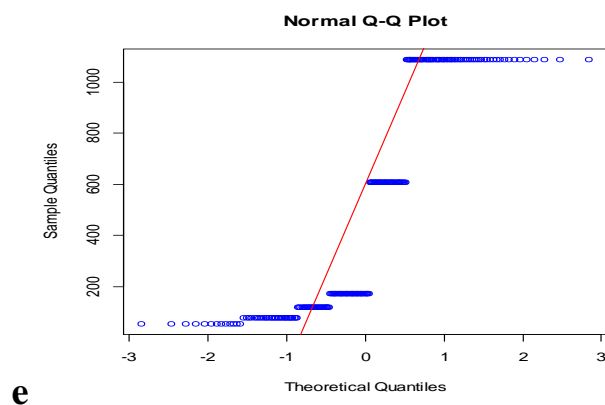
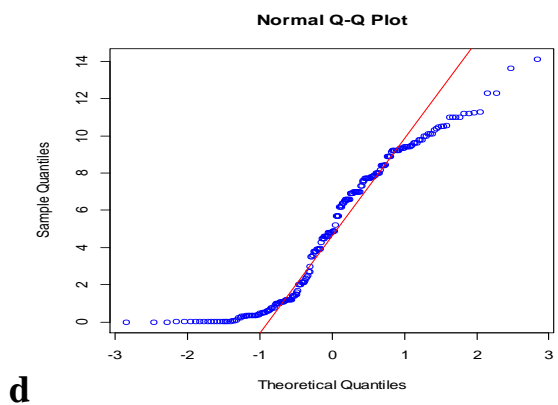
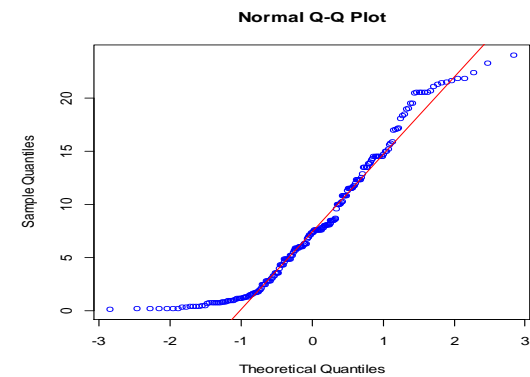
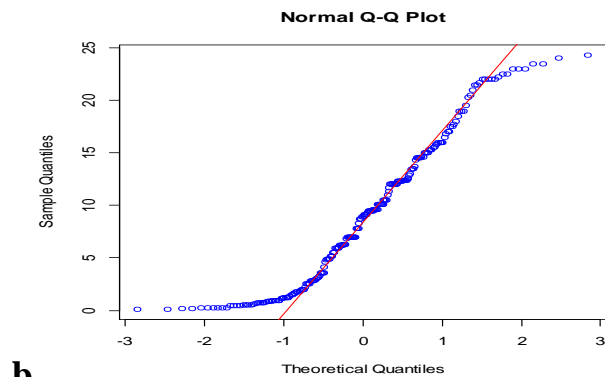
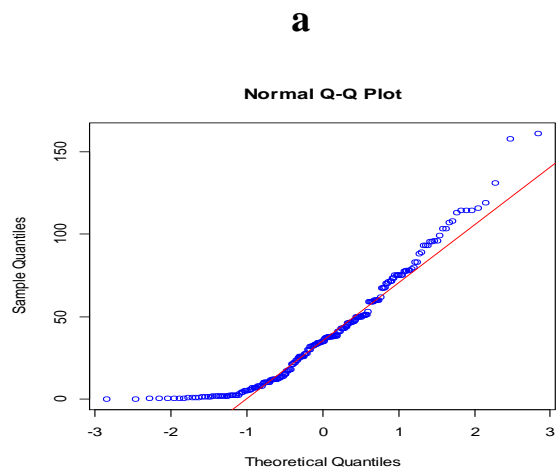
- Jdaidi, N. 2009.** Structure des peuplements de la subéraie tunisienne: situation actuelle et devenir d'un écosystème. *Master, Fac. Sci. Tunisie, 82p.*
- Krouchi F., 1995.** Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tala-Guilef (Djurdjura Nord occidental). *Thèse Mag. Sci. Agro. Option foresterie. I.N.A. Alger, 105 P.*
- Krouchi F., 2010.** Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). *Thèse. Doctorat. U.M.M.T.O.*
- Krouchi F, Derridj A, Lefèvre F. 2004.** Year and tree effect on reproductive organization of *Cedrus atlantica* in a natural forest. *For. Ecol. Mang. 197: 181-189.*
- Lanier, L. 1986.** Précis de sylviculture, *ENGREF, Nancy, 468p.*
- Larbi R., 2016.** Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura centro-méridional (station de Tikjda). *Mem. Mag. Biologie, Ummto, 128p.*
- Lejeune, P. & V. Verrue. 2002.** Les Inventaires Par Echantillonnage En Futaie Feuillue : Une Alternative Aux Inventaires Complets. *Note Technique Forestiere De Gembloux N° 8 -Fusagx -:1 - 14.*
- Lepoutre, B. 1964a.** Ecologie De La Régénération Naturelle Du Cèdre Dans Le Moyen Atlas Marocain. *Ann. Rech. Forestiere Au Maroc, Rabat,:63 - 75.*
- Lepoutre, B. 1964b.** Recherches Sur Les Conditions Geographiques De Regeneration Des Cedraies Marocaines. *Ann. Rech. Forest Maroc:63 - 75.*
- Lepoutre, B. & A. Pujos. 1964.** Facteurs climatiques déterminants les conditions de germination et installation des plantules de cèdre. *Ann.Rech.For. Maroc .T7 Rap. 62-63. 120p.*
- Lussier, J.-M., H. Morin, & R. Gagnon. 2002.** Evolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. *Canad. Jour. For. Res. 32:526-538.*
- M'herit, O. 1993.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) .Présentation générale et état des connaissances à travers le Réseau Méditerranéa « le CEDRE ». *Ann.Rech.For.Maroc, vol 22.*
- M'herit, O. 1994.** Le Cedre De L'atlas (*Cedrus Atlantica, Manetti*). Presentation Generale Et Etat Des Connaissances A Travers Le Reseau Silva Mediterranea "Le Cedre". *Ann. Rech. Forest. Maroc, 27 (Special), 1:30 - 45.*
- M'herit, O. 1999.** Le cèdre de l'Atlas à travers le reseau Silva Mediterranea « Cèdre » Bilan Et Perspective. *For. Medit. T. Xx N° 3, :91 - 100.*
- M'herit, O. 2006.** Le Cedre De L'atlas : Memoire Du Temps. *Ed. Mardaga:288 P.*

- Mcelhinny, C., P. Gibbons, C. Brack, & J. Bauhus. 2005.** Forest & Woodl& St& Structural Complexity: Its Definition & Measurement. *For.t Ecol. & Manag.* 218:1-24.
- Médiouni, K., N. Yahi, & J.-M. Géhu. 1993.** Dynamique comparée des systèmes forestiers a Cedrus atlantica algerien. *Doc. Phytosoc.*, 17:49-59.
- Mediouni K.& N. Yahi, 1989 .** Etude structurale de la série du cèdre à Ait Ouabane, Djurdjura, *For. Méd.* XI, 2, 103- 112.
- Meddour R., 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie. *Thèse. Doct. Agr. Option. Foresterie. Ummto*, 398p.
- Messaoudene M., Rabhi K., Megdoud A., Sarmoum M., & Dahmani M., 2013.** Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes. III
- Messaoudene, M., K.Rabhi, A. Megdoud, M. Sarmoum, & M. Dahmani-Megrerouche, 2013.** Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes. *For. Médit*, 34(4), 341-346.
- Mestar N., 1995.** Cartographie physionomique et approche phytoecologique de la cédraie de Thala - Guilef (Djurdjura occidental). *Thèse Mag. INA, El- Harrach*, 114 p.
- Mhirit, O. 1999a.** Le cèdre de l'Atlas à travers le réseau Silva Mediterranea «Cedre». Bilan Et Perspectives. *For. Med. T. Xx N° 3*.
- Mhirit, O. & M. Benzyare. 2006.** Le cèdre de l'Atlas. *Ed. Mardoga, Hayen, Belgique*.
- Nait Abdelaiziz, B. N. & A. Challal. 2011.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica manetti*) au niveau du parc national du Djurdjura. *These Ing. Biologie, Ummto:111p*.
- Nedjahi, A. 1988.** La cédraie de Chréaa (Atlas blidéen) phénologie, Productivité Régénération. *Thèse. Doct. 3ème cycle. Univ. NANCY I* : 184 p.
- Ngo Bieng, M. 2008.** Construction de modèles de structure spatiale permettant de simuler des peuplements virtuels réalistes. Application aux peuplements mélangés chêne sessile - pin sylvestre de la région centre. *Sciences of the Universe. ENGREF (AgroParisTech)*, 2, 215p.
- Pardé, J. & J. Bouchon. 1988.** Dendrometrie. *ENGREF, Nancy, école Nationale du génie rural,des eaux et forêts. 2eme Edition*,:328 P.
- Piovesan, G., A. D. Filippo, A. Aless&rini, F. Biondi, & B. Schirone. 2005.** Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth fagus forest in the apennines. *Jour. Veg. Sci.* 16:13 - 28 P.
- Piovesan, G., E. Presutti Saba, F. Biondi, A. Aless&rini, A. Di Filippo, & B. Schirone. 2009.** Population ecology of yew (*taxus baccata* l.) in the central apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecol.* 205:23-46.

- Pommerening, A. 2002.** Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, Vol. 75, No. 3:305 - 324.
- Pons, A. 1998.** Histoire du genre *Cedrus* d'après les données paléobotaniques disponibles. *T. Xix*, N° 3:236-242.
- Quezel, P. 1998.** Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. *For. Méd.. T XIX n° 3* : 243-257.
- Quezel, P., M. Barbero, & A. Benabid. 1987.** Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du haut Atlas oriental (Maroc). *Ecol Med, Xiii Fasc. 1/2*:107-117.
- Quézel P. & Médail F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. *Elsevier, Paris*, 592 p.
- Rabhi, K., M. Tafer, & M. Messaoudene. 2014.** Evolution des proportions d'aubier et de duramen du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Manetti, en Algérie. *Bois & forêts des tropiques*: 322 (4), 77-87.
- Rabhi, K. 2015.** Modélisation et optimisation de la croissance et du fonctionnement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le djurdjura par l'intégration de descripteurs écologiques et dendrométriques. *These Doct. Univ. Aboubeker Belkaid, Tlemcen*, 191p.
- Riera, B., H. Puig, & J.-P. Lescure. 1990.** La dynamique de la forêt naturelle. *Bois et forêts des tropiques* 219:69-78.
- Rollet, B. 1974.** L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine. *Cent Techn. For. Trop.*,12.
- Rondeux, J. 1993.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique*, 521p.
- Sabatier, S., P. Baradat, & D. Barthelemy. 2003.** Intra-and interspecific variations of polycyclism in young trees of *Cedrus atlantica* (endl.) manetti ex. carriere and *Cedrus libani* . Rich (Pinaceae). *Ann. For. Sci.* 60:19-29.
- Salgues, D. 2008.** Evaluation du risque d'introduction du cèdre de l'Atlas sur les sols acides des monts de Lacaune et de la montagne noire. *Domaine d'approfondissement gestion des milieux naturels, FIF – Nancy*:100.
- Schütz J P., 1997.** Sylviculture 2 : la gestion des forêts irrégulières et mélangées. *Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*. 192 p.
- Slimani, S. 2014.** Reconstitutions dendrochronologiques du climat et de l'historique des incendies dans les régions des Aures et de Kabylie, nord de l'Algérie. *These Doct. Ummto*, 190p.

- Tafer M., et Zergane R., 1994.** Contribution à l'analyse phytosociologique et structurale de la série de *Cedrus atlantica* de Tikjda (versant méridional de Tikjda). *Mémoire Ing. Agro. Umto.*, 140 p.
- Tessi, D. Y., G. Akouehou, & J. Ganglo. 2013.** Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Antiaris toxicaria* (Pers.) lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du sud-Benin. *Inter. Jour. Biol. & Chem. Sci.* **6**:5056-5067.
- Toth, J. 1970.** Plus que de centenaire et plein d'avenir : Le cèdre en France *R.F.F. Vol. XXII, n° 3*: 355-364
- Toth J., 1973.** Premières approches de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. *R. F. F. 25(5)*, 381-389.
- Toth, J. 1978.** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le sud de la France. *Thèse Doct. Ing. Fac. Sci. St Jérôme, Marseille*: 196 p.
- Toth, J. 1980.** Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière Forêt Méditerranéenne. T.II.n° 1:23-30
- Toth, J. 1990.** Le cèdre: utilisation et qualité technologique. *La Forêt privée*:57-60.
- Yahi N., 2007.** Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. *Thèse .Doct. Univ. USTHB* 265p.
- Yahi, N., Y. Djellouli, & B. De Foucault. 2008.** Diversité floristique et biogéographique des cédraies d'Algérie. *Acta Botanica Gallica* **155** : 389-402.
- Younes K., 1993.** Contribution à l'étude de la productivité du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en fonction des facteurs stationnels au versant nord du Djurdjura (Thala Guilef). *Mém. Ing. Institut d'Agronomie, Umto*, 47p.
- Zedek M., 1993.** Contribution à l'étude de la productivité de *Cedrus atlantica* Manetti (cèdre de l'Atlas) dans le parc national de Theneit-El-Had. *Thèse Mag. INA, El-Harrach*, 157p.
- Zenner, E. K., J. E. Peck, M. L. Hobi, & B. Commarmot. 2014.** The dynamics of structure across scale in a primeval European beech stand. *Forestry* **88**:180-189.

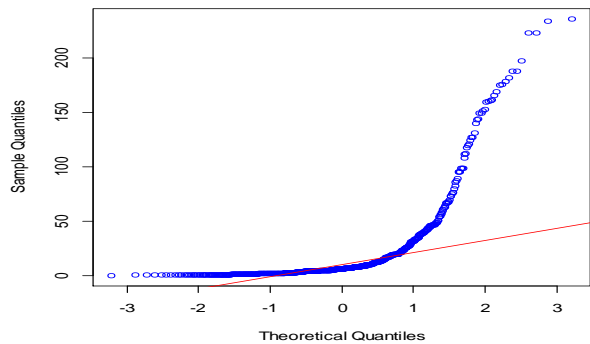
Annexes



Annexe 01: Tracé de normalité des données des paramètres dendrométriques du cèdre dans la cédraie de Thabourth El Inser

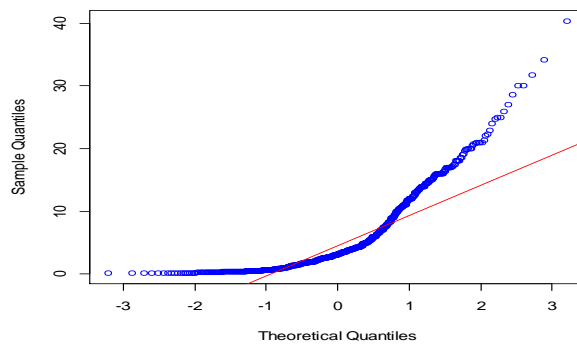
a

Normal Q-Q Plot



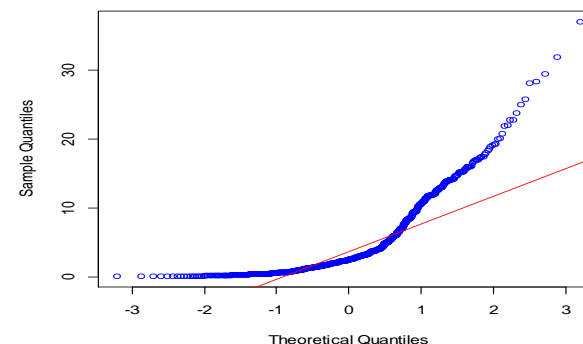
b

Normal Q-Q Plot



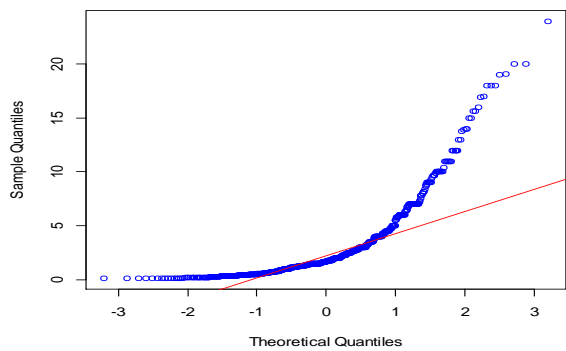
c

Normal Q-Q Plot



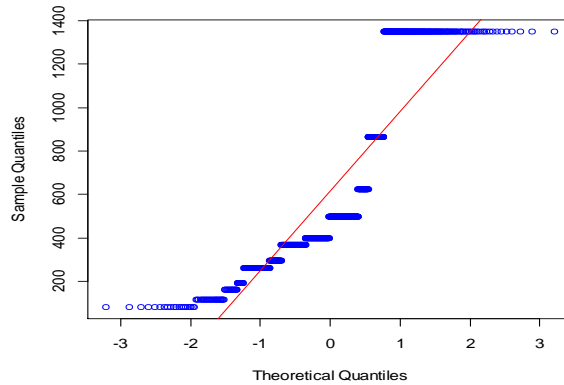
d

Normal Q-Q Plot



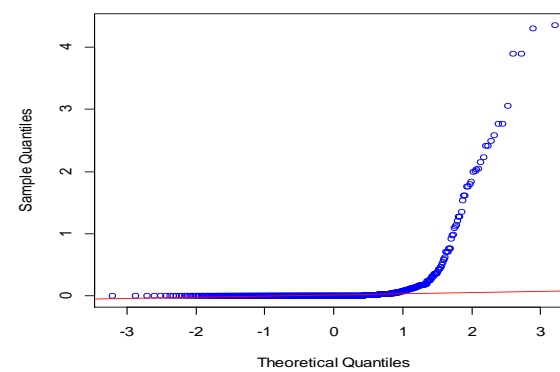
e

Normal Q-Q Plot



f

Normal Q-Q Plot



Annexe 02 : Tracé de normalité des données des paramètres dendrométriques du cèdre dans la cédraie de Thala Guilef

Paramètres	Thala Guilef	Thabourth El Inser	Reboisement Tirourda Rabehi (2014)	Thniet El Had Zedeh 1993	Tala Guilef Younes 1993	Chréa Nedjahi 1988	Tikdjda Hadouchi& Mechri 1993
Circonférence (cm)	61,23	125,44	70.93	145	155	099	129
Hauteur (m)	5,5	9,08	11.51	15,24	11,6	16,98	13,6

Annexe 03 : tableau de comparaison des circonférence et des hauteur de plusieurs cédraies.

Résumé

Afin d'étudier la structure de la cédraie dans la partie nord-ouest du massif du Djurdjura (station de Thabourth EL Inser) et de comprendre les mécanismes de la dynamique du cèdre à l'échelle locale, nous avons procédé à un échantillonnage tenant compte des facteurs écologiques locaux et des indicateurs de perturbation anthropique.

Des placettes de taille variable (6 à 38 ares) ont été retenues au sein desquelles toutes les espèces ligneuses confondues ont été inventoriées et mesurées soit au total 1612 tiges toute espèce ligneuse confondue dont 976 tiges de cèdre.

L'ensemble des données recueillies et traitées a permis la description des ressources existantes et des liaisons entre les données dendrométriques et stationnelles ; la description de la composition en espèces ligneuses majeures et de la structure actuelle de ces cédraies.

La dynamique structurale mise en évidence, reflète l'action combinée des facteurs écologiques locaux (orientation, altitude et type de peuplement) en liaison avec les vicissitudes anthropiques actuelles et passées.

Cette étude est une étape vers la modélisation de la dynamique structurale de la cédraie du massif du Djurdjura.

Mots clés : *Cedrus atlantica*, structure, dynamique, facteur anthropique, Djurdjura Nord-Ouest.

Summary

In order to study the structure of the cedar forest in the Djurdjura northwestern (Thabourth EL Inser and Thala Guilef) and to understand the mechanisms of such forest dynamics at local level, we conducted a sampling procedure Taking into account both local ecological factors and indicators of human disturbance.

Plots of variable size (6-38 acres) were selected in which all woody species were recorded and measured for size, totalizing 1612 measured stems of which 976 cedar ones.

The collected and processed data allowed description of existing resources and links between stand and dendrometric data; description of woody species composition and the current structure of cedar forest.

The structural dynamics reflects the effect of local ecological factors (orientation, altitude and type of cover) in combination with current and past human disturbance events.

This study is a step towards modeling cedar forest structural dynamics in the Djurdjura Mountain.

Keywords: *Cedrus atlantica*, structure, dynamics, anthropogenic factor, Djurdjura Northwestern.