

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

En vue de l'obtention de diplôme Master en écologie forestière

Option : Ecologie forestière Présenté par : TIMSIT HOCINE

Thème : CARACTERISATION STRUCTURALE DU
REBOISEMENT DE CEDRE (*Cedrus atlantica Manetti*) DE LA
PARTIE ORIENTALE DU MASSIF DE DJURDJURA (COL DE
TIROURDA)

Devant le jury composé de :

Président : Mr DERRIDJ Arezki

Professeur à l'UMMTO

Promoteur : Mme AMIRAT Yassina

Maitre-assistant (A) à l'UMMTO

Examineur I : Mme KROUCHI Fazia

Professeur à l'UMTTO

Examineur II : Mr RABHI Khellaf

Maitre de conférences (A) à l'UMMTO

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2019/2020



Remerciements

En premier lieu, je remercie Dieu, le tout puissant de m'avoir donné force et courage d'être aux côtés de ma très chère maman jusqu'à ses derniers jours et d'accomplir ce modeste travail

Je remercie vivement Madame KROUCHI Fazia, professeur à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou, de m'avoir ouvert les portes et me donné une chance de reprendre mes études qui étaient toujours ma patience, et je salue sa rigueur et les efforts qu'elle fournit sans cesse pour faire de nous des étudiants motivés et nous faire acquérir un savoir de qualité.

Je remercie également Madame AMIRAT Yacina, Maître assistant (A) à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou, d'avoir accepté de diriger mon travail et de n'avoir ménagé aucun effort d'assistance scientifique. Sa disponibilité, et ses conseils constructifs m'ont été de grande utilité pour la réalisation de ce mémoire.

Je remercie Monsieur DERIDJ Arezki, Professeur à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie aussi Monsieur Rabhi Khellaf, Maître de conférences (A) à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou, et Madame Krouchi Fazia, pour m'avoir honoré d'être examinateurs de ce travail.

Mes remerciements vont également à Monsieur Guetas de l'institut national de recherche forestière pour le matériel de mesure fournis et le Directeur du Parc National de Djurdjura de et ses éléments m'avoir autorisé à effectuer mon étude au col de Tirourda

En fin, Mes remerciements profonds s'adressent aussi particulièrement à mes deux anges Marya et Sadia et Belkaceme B, mon neveu, et Djamel Z, Kouceyla A et Med Sfihi qui m'ont accompagné lors de mes sorties sur terrain.

DEDICACE

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A LA MEMOIRE DE MA TRES CHERE MERE QUE JE PLEURERAI A JAMAIS

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA PETITE FAMILLE ADORABLE

A MA FAMILLE TIMSIT

A TOUS MES ENSEIGNANTS

A TOUS MES AMIS

Liste des abréviations

Alt.: Altitude

D arb:Diamètre de l'arbre

D hp: Diameter du houppier

Dens : Densité

Dint. : Densité initiale

Dact. : Densité actuelle

DMOY : diamètre moyen

Do : diamètre moyen des arbres dominants

Expo.: Exposition

Fig. : Figure

F.Tig : forme de tige

Ho : hauteur dominante

HMOY : hauteur moyenne

H arb: Hauteur de l'arbre

Hhp: Hauteur du houppier

H max : Hauteur maximale

Max : Maximum

Min : Minimum

ST: station

surf T : Surface terrière

Tab. : Tableau

Liste des Figures

Figure01 : Répartition de cèdre de l'atlas dans le nord-africaine source : Quezel , 1998 modifiée	6
Figure 02 : Positions des stations d'étude sur l'image satellitaire	12
Figure 03 : Les différentes stations d'étude	13
Figure 04 : Les outils de mesures utilisés.....	16
Figure 05 : Représentation des différentes zones de stabilité définies en fonction du facteur d'élancement du peuplement (H_g/D_g) et de sa hauteur dominante (H_o)	19
Figure 06 : Distribution des tiges par classes de diamètre	22
Figure 07 : Distribution des plus grosses tiges par station.....	23
Figure 08 : Box plot des diamètres des tiges par station	23
Figure 09 : Box plot des hauteurs des tiges par station	24
Figure 10 : Distribution des tiges par classe des hauteurs des tiges par station.....	25
Figure11 : Distribution des tiges par classe des hauteurs des tiges par station.....	26
Figure12 : Box plots des diamètres des houppiers par station	27
Figure13 : Box plot des hauteurs du houppier des tiges par station	28
Figure14 : Distribution des tiges par classe des hauteurs du houppier par stations.....	29
Figure15 : Distribution des densités et des surfaces terrières par station	30
Figure16 : Répartition des signes de reproduction par station.....	31
Figure 17 : L'âge des cônes par station.....	31
Figure18 : Photos de quelques jeunes sujets	32
Figure19 : Répartition des trois formes de tiges par stations	32
Figure 20 : Les trois formes de tiges au niveau des stations	33
Figure 21 : Etude corrélation hauteur diamètre des tiges de cèdres de la région.....	34
Figure 22 : Projection des variables sur le plan factoriel retenu	38
Figure 23 : Projection des stations/ barycentres sur le plan factoriel retenu	39

Liste des Tableaux

Tableau (01) : caractéristiques des stations	11
Tableau (02) : Classes des diamètres (cm)	17
Tableau (03) : Classes de hauteur (m)	17
Tableau (04): Classes des diamètres des houppiers (m)	17
Tableau (05): Paramètres statistiques pour les variables mesurées sur le cèdre du reboisement de Tirourda.....	21
Tableau(06) : Rapport H/D dans les six stations	33
Tableau (07) : Matrices de corrélation entre les variables mesurés.....	36
Tableau (08) : Valeurs propres issues de l'ACP.....	37
Tableau(09) : contributions des variables en %.....	37
Tableau (10) : corrélations variables-facteurs	38

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE :	1
--------------------------------	----------

CHAPITRE I: Aperçu sur le cèdre de l'Atlas

1. APERÇU SUR LE CEDRE DE L'ATLAS :	2
1.1. SYSTEMATIQUE :	2
1.2. CARACTERES BOTANQUES ET DENDROLOGIQUES DU CEDRE DE L'ATLAS :	3
1.2.1. L'écorce :	3
1.2.2. PORT :	3
1.2.3. TRONC :	3
1.2.4. ENRACINEMENT :	3
1.2.5. LONGEVITE :	3
1.3. CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES	4
1.3.1. CONDITIONS CLIMATIQUES	4
1.3.1.1. Pluviométrie	4
1.3.1.2. TEMPERATURE :	4
1.3.1.3. CLIMAT ET BIOCLIMAT :	4
1.3.1.4. ALTITUDE :	4
1.3.1.5. EXPOSITION :	5
1.3.1.6. SUBSTRAT :	5
1.3.1.7. VENT :	5
1.4. AIRE DE REPARTITION DU CEDRE :	6
1.4.1. REBOISEMENT :	6

CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE

1. APERÇU SUR LA REGION DE DJURDURA :	8
2. QUELQUES CARACTERISTIQUES DU MILIEU D'ETUDES :	8
2.1. HYDROGRAPHIE :	8
2.2 GEOLOGIE :	9
2.3. VEGETATION :	9
2.4 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :	10
3. LOCALISATION DE LA CEDRAIE D'ETUDE :	10
4. DESCRIPTION DES STATIONS D'ETUDE :	11

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODE

1. METHODE D'ECHANTILLONNAGE :	14
A.1. CHOIX ET DELIMITATION DES STATIONS D'ETUDES :	14
A.2. TAILLE ET FORME DES UNITES D'ECHANTILLONNAGE :	14
2. MESURES REALISEES :	14
2.1. Données dendrométriques :	14
A) Données qualitatives :	15
B) Données quantitatives :	15

2.2. DONNEES STATIONNELLES :	15
3. TRAITEMENT DES DONNEES :	16
3.1. TRAITEMENT DESCRIPTIF	16
3.2. TRAITEMENT ANALYTIQUE	18
3.2.1. RELATION ENTRE LA HAUTEUR ET LE DIAMETRE :	18
3.2.2. L'ETUDE DES CORRELATIONS ENTRE LES HAUTEURS ET LES DIAMETRES DES TIGES :	19
3.2.3 LA CORRELATION ENTRE LES VARIABLES ET LES STATIONS :	20

CHAPITRE VI: RESULTATS ET DISCUSSION

1. ANALYSE DES PARAMETRES DENDROMETRIQUES DU REBOISEMENT DE TIROURDA :	21
1.1. LE DIAMETRE DES TIGES	21
1.2 LA HAUTEUR DES TIGES :	24
1.3 LE DIAMETRE DES HOUPPIERS :	27
1.4 LA HAUTEUR DES HOUPPIERS	28
1.5. DENSITE ET SURFACE TERRIERE :	31
1.6. COMPTAGE DE CONES PAR STATION :	31
1.7 FORME DES TIGES DES CEDRES PAR STATION :	33
2 ETUDES DES RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES VARIABLES DENDROMETRIQUES	34
2.1 LE RAPPORT H/D	34
2.2 CORRELATION HAUTEUR-DIAMETRE DE L'ARBRE	34
2.3. CORRELATION ENTRE LES VARIABLES MESUREES SUR LE CEDRE DE COL DE TIROURDA	36
a) L'analyse en ACP :	36
b) LECTURE DE LA MATRICE DES CORRELATIONS	37
c) Part de la variance expliquée par les axes factoriels	37
d)Analyse des corrélations variables-facteurs et projections sur plans factoriels	38
3. ETUDE DE L'INFLUENCE DES PARAMETRES STATIONNELS :	40

CONCLUSION GENERALE 42

RECOMANDATIONS : 43

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : 44

Introduction générale

Introduction générale :

Les forêts algériennes ont subi et continuent de subir une dégradation anthropique dont l'une des conséquences est la diminution de leurs superficies.

Parmi les couverts forestiers algériens, le cèdre occupe quelques 23.0000 ha à travers l'ensemble de son aire naturelle, ce qui représente une faible superficie quand on sait que dans le sud de la France où des reboisements à base de graines de cèdre d'origine algérienne en 1870, occupent actuellement 20.000ha.

En Algérie, des opérations de reboisements ont aussi été réalisées parmi lesquelles celles de la partie orientale du massif du Djurdjura (Tirourda) et de sa partie occidentale (thizi-oujavouv).

Un certain nombre de travaux ont analysé partiellement la structure diamétrale et les hauteurs des tiges du cèdre au niveau des cédraies naturelles du massif du Djurdjura (à Tikjda : Hadouchi et Mecheri, 1994, Tafer et Zergane, 1994, Larbi, 2016 et à Tala-guilef : Amirat, 2016, Fergane et Nourine, 2017) et au niveau des reboisements de Tirourda et de Thizi-oujavouv (Rabhi, 2014).

Notre complément à l'étude de Rabhi, 2014 au niveau du reboisement de Tirourda, consiste à analyser quelques paramètres dans le cadre d'une étude plus large visant l'évaluation de l'efficacité de ce reboisement.

Selon Belkacemi 2018, la cédraie de Tirourda, y compris le reboisement réussi, occupe uniquement 9% de sa superficie potentielle. Un effort de reboisement est donc nécessaire pour permettre au cèdre de recouvrir son aire potentielle, mais l'évaluation de l'état du reboisement déjà en place depuis 1976 est un préalable pour une réussite optimale des reboisements futurs.

Pour cela nous avons mesuré les hauteurs et les diamètres des tiges et des houppiers du cèdre, dénombré les potets vides et noté la présence de signes de reproduction du cèdre et de parasitisme des aiguilles par la chenille processionnaire, à l'échelle de 7 placettes couvrant différentes situations du reboisement.

Pour présenter ce mémoire nous avons adopté le plan suivant : chapitre 1: aperçu sur le cèdre de l'Atlas ; chapitre 2 : zone d'étude ; chapitre3 : matériel et méthodes ; chapitre 4 : résultats et discussion et nous terminerons notre modeste travail par une conclusion suivie de quelques recommandations.

Chapitre I

Aperçu sur le cèdre
de l'Atlas

1. Aperçu sur le cèdre de l'Atlas :

Le genre *Cedrus* n'est représenté que par quatre espèces, son histoire remonte au crétacé à l'ère secondaire, le mot cèdre est également utilisé pour désigner d'autres conifères d'Amérique du nord, d'Australie et d'Asie, notamment des genévriers des chameacyparis ou des thuyas ressemblant à des vrais cèdres (Stursa, 2001).

Selon Krouchi (2010) le cèdre de l'atlas a pour noms berbères INGUEL ou AVAOUAL et pour noms arabes EL AREZ ou EL MEDAD, cette dernière appellation arabe viendrait du fait que les branches de l'espèce ploient sous le poids de la neige au lieu de se casser.

1.1. Systématique :

La systématique du genre *Cedrus* est la suivante :

- Embranchement : des Spermaphytes,
- Sous Embranchement : des Gymnospermes,
- Classe : des Vectrices,
- Ordre : des Coniferales,
- Sous Ordre des Abietales,
- Famille des Pinacées,

Ce genre englobe quatre espèces différentes malgré leurs faibles différences morphologiques. Intégrées d'abord dans une seule espèce (*Cedrus libanitica* Link) puis séparés en quatre espèces sur des critères bio-morphologiques ; une distinction qui fait actuellement l'unanimité pour la plupart des dendrologues (Laaribya, 2004 in Bahri 2006).

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

Parmi ces quatre espèces, c'est le cèdre de l'Atlas qui fût grandement utilisé dans les reboisements méditerranéens (même source).

1.2. Caractères botaniques et dendrologiques du cèdre de l'Atlas :

Selon Toth (2005), les caractéristiques botanique et biologique du cèdre de l'Atlas sont comme suit :

Le cèdre de l'Atlas présente des aiguilles de 15 à 25 mm et une croissance juvénile monocyclique. Son époque de pollinisation est à mi-septembre, produisant des cônes de 5 à 8 cm longueurs et 3 à 5cm de largeur, ces derniers arrivent à maturité au bout de deux ans, ces cônes se désarticulent par le biais de l'alternance de l'humidité /chaleur et du gel/dégel libérant des graines.

1.2.1. L'écorce :

L'écorce du cèdre de l'Atlas est de couleur brune grisâtre fissurée du haut en bas pour les vieux sujets (Štursa, 2001).

1.2.2. Port :

Le cèdre de l'Atlas est un arbre à port conique pyramidal à l'état jeune (BOUDY, 1950 *in* Nourin & Fergane, 2017), mais devient tortueux et tabulaire chez les sujets les plus âgés.

1.2.3. Tronc :

Le tronc est monopodial à croissance rythmique (Barthelemy & al., 1989 *in* Sabatier & Barthelemy, 1994 *in* Krouchi, 2010)

1.2.4. Enracinement :

Les racines du cèdre de l'Atlas sont très étendues et ramifiées (Toth, 1970 *in* Nourine & Fergane, 2017) et rarement pivotantes et la stabilité de l'arbre est assurée (Boudy, 1952 *in* Nourine & Fergane,). Les racines obliques sont très fortes car elles colonisent les sols profonds et humides (Toth, 1970 *in* Nourine & Fergane, 2017).

1.2.5. Longévité :

Selon Krouchi (2010), elle est remarquable, et sa limite supérieure n'a pas encore été arrêtée. Elle dépasse certainement 600 à 700 ans, On lui attribue même 1000 ans et plus. Au niveau de la cédraie de Tala-guilef (Djurdjura Nord-ouest), on trouve des cèdres de quelques mètres de tour, dits " cèdres millénaires ", qui continuent de fleurir et de fructifier.

1.3. Caractéristiques Ecologiques

1.3.1. Conditions Climatiques

1.3.1.1. Pluviométrie

Le cèdre reçoit dans ses pays d'origine des lames de pluies annuelles comprises entre 450 et 1500 mm (Putod, 1979 *in* Krouchi, 2010). A l'échelle des cédraies algériennes, en se basant sur la méthode d'extrapolation, Derridj (1990 *in* Krouchi, 2010) a estimé des tranches de pluies annuelles bien supérieures :

- Aurès et Hodna: 720 à 770 mm / an ;
- Djurdjura méridional, Ouarsenis, Chréa et Meurdja: 1126 à 1420 mm / an ;
- Babors et Djurdjura septentrional : 1600 à 2100 mm / an.

1.3.1.2. Température :

Le cèdre est une essence qui peut supporter sans dommage des froids hivernaux importants, mais en même temps, toutes les autres caractéristiques éco-physiologiques analysées montrent que son écologie correspond à des climats doux (Aussenac, 1984 *in* Nourine & Fergane 2017) et selon M'HIRIT (2006), le cèdre supporte des températures maximales allant de 25°C à 31.3°C et des températures basses de 3.1°C à - 4.3°C.

1.3.1.3. Climat et Bioclimat :

Selon M'hirit 2006, le cèdre s'étend de l'étage méditerranéen supérieur froid dans les Aurès, le moyen atlas tabulaire et le Rif occidental à l'étage oroméditerranéen extrêmement froids dans le haut atlas mais son optimum bioclimatique en Afrique correspond à l'étage montagnard méditerranéen entre 1600 et 2000 m d'altitude

1.3.1.4. 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 (Amirat, 2016).

En Algérie, le Cèdre apparaît entre 1 300 et 1 400 m sur le versant nord de l'Atlas tellien, et entre 1400-1500 m Sur le versant sud et dans l'Aurès. Il monte jusqu'à 2 200 m, c'est-à-dire jusqu'aux plus hautes altitudes de l'Algérie (Emberger, 1938). Et dans la même optique, Toht(1970) affirme qu'au Maroc et en Algérie, le cèdre se comporte en montagnard : on ne le trouve guère en peuplements naturels, au Maroc, à moins de 1 600 m d'altitude

1.3.1.5. Exposition :

L'exposition joue un rôle fondamental dans la répartition des pluies et par conséquent du cèdre. A la limite méridionale de son aire, le cèdre n'existe que sur le versant nord et nord-ouest(cédraies du Segag et Dj.Azreg et Dj.Teghda) et plus en montant au nord le cèdre apparaît dans tous les versants avec décalage altitudinal et dans la survie de la plupart des cédraies en Algérie, (Abdessemed,1990)

1.3.1.6. Substrat :

Les cédraies circum-méditerranéennes sont d'une façon générale, localisées sur substrats calcaires (Quezel, (1980) in Krouchi, (2010).

L'originalité édaphique 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 sol s 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 ; sur des grès blancs, des dolomies, des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des marnes en Algérie. M'hirit(1999)

Selon Lepoutre (2016 *in* Amirat, 2016), les facteurs édaphiques comme la nature du substrat, la texture et la profondeur jouent un rôle déterminant dans le renouvellement du cèdre.

1.3.1.7. Vent :

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. Toutefois, le vent est considéré comme étant le facteur le plus néfaste de la régénération du cèdre de l'Atlas en provoquant la mortalité des jeunes plantules (Boudy, 1955 *in* Nourine & Fergane, 2017)

1.4. Aire de répartition du cèdre :

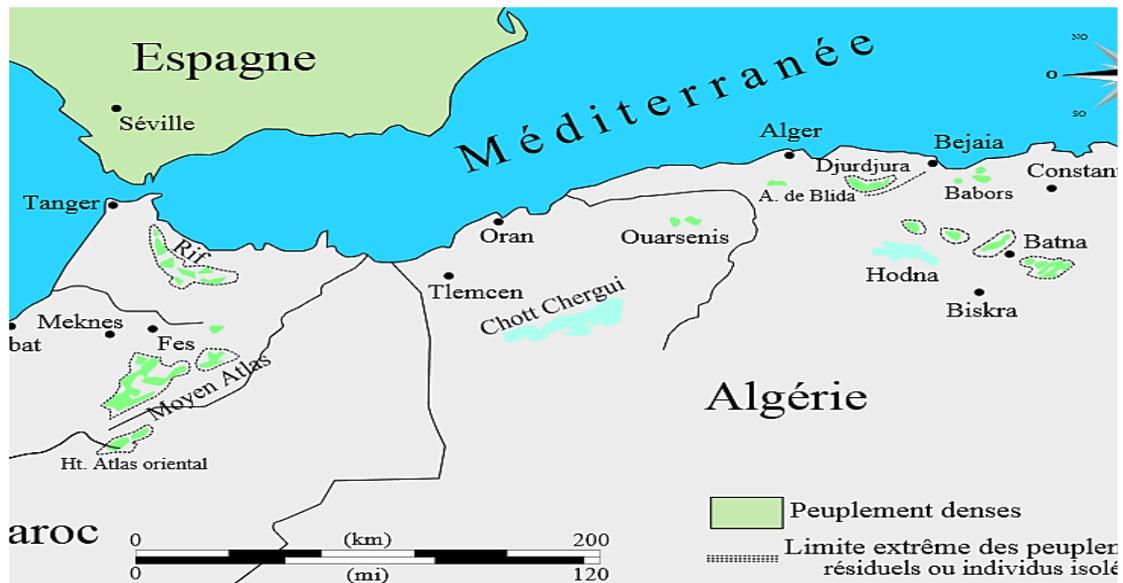


Figure 1 : Répartition de cèdre de l'atlas dans la nord Africaine source : Quezel ,1998 modifiée.

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) est une espèce montagnarde, occupe des surfaces d'inégale importance, rencontré uniquement en Afrique du Nord (Algérie et Maroc) (fig.1).

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).

1.4.1. Reboisement :

L'emploi de cèdre en reboisement lui a accordé une grande importance en Algérie et ce depuis l'indépendance à nos jours, d'après Rabhi (2015) et Adami, (2009) des surfaces reboisées même si insignifiantes ont été réalisées au parc nationaux de Djurdjura et Chrea.

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M.*) fut introduit en Europe en tant que plante ornementale, typique des parcs et jardins. Par la suite, à partir de 1842, il a été employé en reboisement, surtout en France, en Espagne et en Italie (Pavari & Dephilippis, 1941 in FORET-MED, 2013).

En France selon Toth (1980 in Krouchi, 2010), le cèdre a été introduit avec succès dans le mont Ventoux où il prospère bien et se régénère facilement, après le succès de cette introduction, l'espèce est abondamment utilisée dans les reboisements en zone méditerranéenne Française dans l'étage du chêne pubescent.

Chapitre II

Zone d'étude

1. Aperçu sur la région de Djurdjura :

La chaîne calcaire du Djurdjura se situe au nord de l'Algérie, à 140 km à l'est d'Alger et à moins de 50 km au sud du littoral méditerranéen, c'est une chaîne de montagnes récente fortement soulevée avec des versants à la verticale de plus de 1000 m de dénivelée. L'altitude des crêtes oscille entre 1200 et 2308 m (point culminant Tamgout Lalla Khedidja). Cette disposition lui donne l'allure d'une muraille haute avec des arêtes rigides et déchiquetées, elle domine la grande dépression de Mechtras – Boghni - Dra El Mizan vers le Nord (Abdesselam, 1997).

Plusieurs autres chercheurs ont tenté de décrire la région de Djurdjura, selon Quezel, (1957 *in* Amirat, 2016), le mont du Djurdjura est subdivisé en trois grands massifs :

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

2. Quelques caractéristiques du milieu d'études :

2.1. Hydrographie :

Le Djurdjura par sa position, son altitude, ses importantes précipitations, ses sommets enneigés plusieurs mois chaque année et par l'absence d'activité humaine (sans habitations ni agriculture) est considéré comme une importante réserve d'eau. Il peut constituer une région de référence pour la qualité des eaux de pluie, des sources et des rivières.

Abdesselam,(1995) *in* Amirat (2015) 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 ADAMI (2009).

D'après QUEZEL (1957 *in* Rabhi 2015), une épaisseur de 2 à 4 mètres de neige est enregistrée sur les versants Nord. Les vents sont de type Ouest et Sud ouest, porteur d'humidité et de neige pour le premier et Sirocco pour le second. Ce dernier Intervient dès la fin du printemps et durant l'été, accentuant ainsi le dessèchement du sol et l'évapotranspiration des végétaux.

2.2 Géologie :

Très complexe sur le plan géologique, le massif de Djurdjura est constitué de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés, 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, 2010).

Le Djurdjura est formé par un ensemble de dorsales sous forme d'unités structurales de direction est-ouest, à plans axiaux redressés et déversés vers le Sud il est encadré par le socle cristallin et cristallophyllien de grande Kabylie au Nord et par les flyschs qu'il chevauche à sa limite méridionale. Il est constitué par un ensemble sédimentaire allant du Paléozoïque supérieur au Cénozoïque où les calcaires massifs du Lias inférieur et de l'Eocène sont dominants. Ces derniers sont redressés à la verticale par la néotectonique. Les autres ensembles sont formés, pour le Trias, de grès, argiles et gypse (non reconnu en surface) et de marno-calcaires essentiellement pour le reste de la série. Les terrains tendres forment de profondes vallées entre les grandes masses calcaires. Des talus d'éboulis, des glaciers rocheux et des cônes de déjections quaternaires s'étalent à la base des pentes (Abdesselem, 1997).

2.3. Végétation :

Messaoudene & al (2014 *in* Amirat, 2016), 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%).

Selon Rabhi (2015), le reste de la surface est constitué par des formations asylvatiques. Notons aussi la présence d'une espèce endémique, le pin noir (*Pinus nigra* ssp. *mauritanica*), formant de petits îlots à Tigounatine et des sujets épars à Taouialt (Tikjda). Pour seulement sa répartition djurdjuréenne, les connaissances relatives aux structures phytosociologiques dans lesquelles rentre le cèdre de l'Atlas sont relativement complètes.

Sur les lignes de crêtes et à très haute altitude, le paysage laisse apparaître de vieux cèdre rabougris et de forme tabulaire. En revanche, à des altitudes plus basses, le cèdre se retrouve en formation forestière, aussi bien pure que mixte. Il est souvent associé au chêne vert qui constitue la deuxième essence forestière dominante. D'autres essences accompagnatrices sont notamment recensées : *Quercus canariensis*, *Prunus avium*, *Taxus baccata*, *Sorbus aria*, *Acer obtusatum*, *Acer compestris* et *Acer monspessulanum*.

La strate arbustive est constituée de *Ilex aquifolium*, *Daphne laureola*, *Ruscus aculeatus* et *Rubus ulmifolius* (Bouheraoua, 1993 in Rabhi, 2015).

2.4 Caractéristiques climatiques :

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 in Amirat 2016).

Le massif du Djurdjura reçoit un total pluviométrique annuel variant de 1500 à 2000 mm (Chaumant & Paquin, 1971 in Krouchi, 2010). Une augmentation des précipitations de 50 mm tous les 100 m d'élévation en altitude jusqu'à 1000 m et 60 mm pour tous les 100 au-delà de 1000 m étant sur le versant nord, pour le versant opposé on note 77 mm d'augmentation des précipitations tous les 100 m en montant jusqu'à 1000 m et on enregistre 88 mm tous les 100 m en dépassant 1000 m d'altitude (Abdesselam, 1995 in Adami, 2009).

D'après Krouchi (2010), la moyenne mensuelle de température du mois le plus chaud est enregistrée en Juillet. La température moyenne mensuelle est inférieure à la température moyenne annuelle de Novembre à Avril, et supérieure à celle-ci de Mai à Octobre, divisant ainsi l'année, en deux saisons respectivement froide et chaude (Derridj, 1990 in Krouchi, 2010).

3. Localisation de la cédraie d'étude :

Faisant partie du massif montagnard de Djurdjura, dans sa partie orientale (Rabhi, 2015), le col de Tirourda occupe près de 1300 ha chevauche entre les deux wilayas, Tizi Ouzou du côté Nord et Bouira du côté Sud, elle est partagée administrativement entre trois communes Iferhounne et Abi Youcef pour la première wilaya citée et Aghbalou pour la deuxième reliées par la route nationale N15.

Le reboisement de cèdre de Tirourda, fait partie du cinquième secteur du parc national de Djurdjura créé après la réorganisation de ce dernier pour faciliter la tâche de gestion et selon M. Melikeche chef de gestion de ce secteur, cette plantation de cèdre est réalisée pour une partie en 1971 par l'O.N.T. F et complétée en 1978 (Rabhi, 2015) occupant initialement une surface de 450 ha et selon le dernier inventaire de PND, il n'en reste que 220 à 240 ha.

4. Description des stations d'étude :

Les données relatives aux stations d'étude (fig. 02 et 03) sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau (01) : caractéristiques des stations

<i>Stations</i>	<i>Exposition</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Pente %</i>
<i>Tizi n Tirourda 1</i>	Sud-ouest	1727	23
<i>Tizi n Tirourda 2</i>	Sud-ouest	1650	40
<i>Tizi n Tirourda 3</i>	Sud	1670	70
<i>Laâzayeb 1</i>	sud-ouest	1530	30
<i>Laâzayeb 2</i>	sud-ouest	1535	20
<i>Agni n Derhem 1</i>	Nord-est	1500	39
<i>Agni n Derhem 2</i>	Nord-Ouest	1500	41

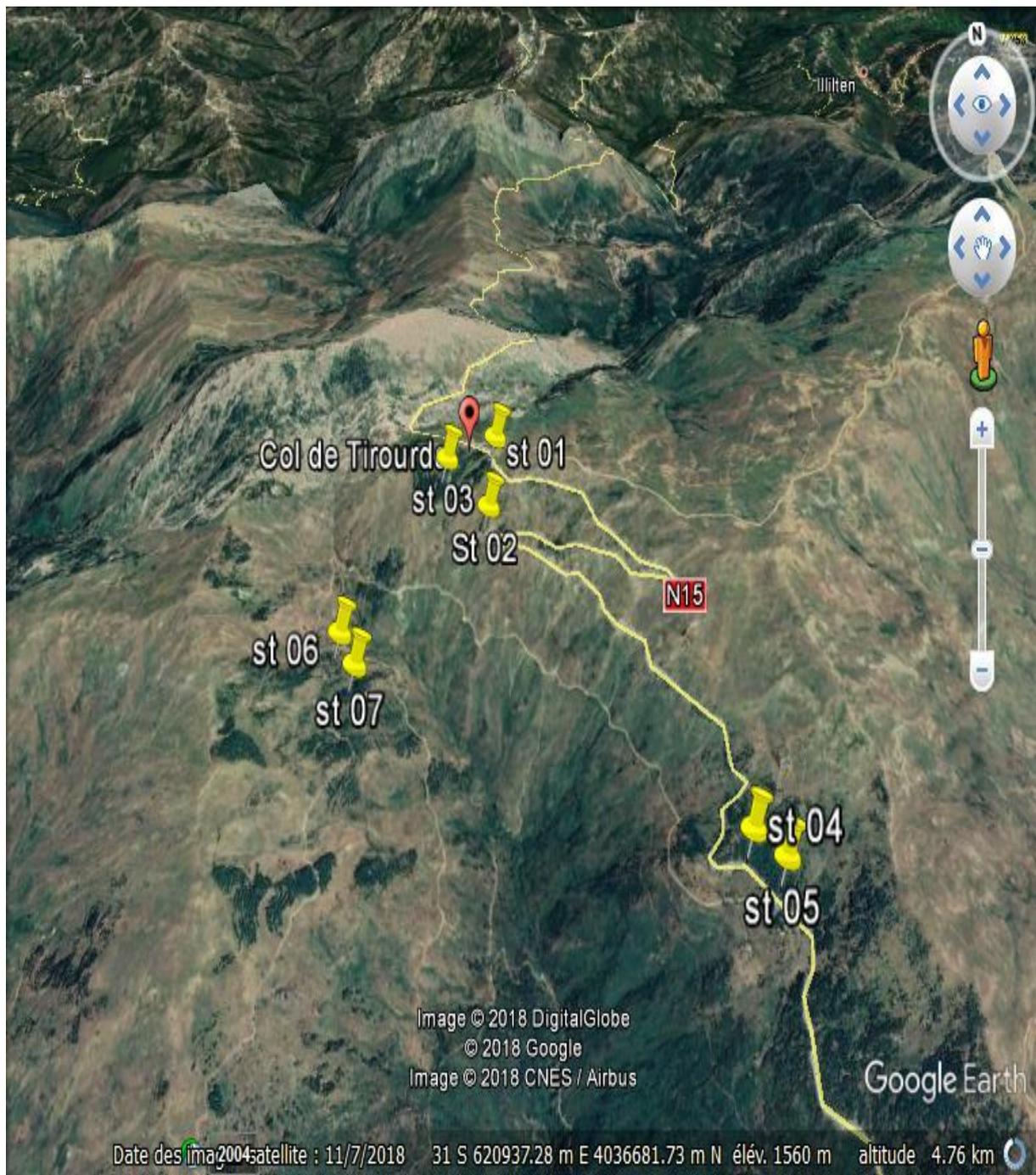


Figure 02 : Positions des stations d'étude sur l'image satellitaire



Figure 03 : les différentes stations d'étude.

Chapitre III

Matériel et méthode

1. Méthode d'échantillonnage :

Dans notre étude, nous avons opté pour l'échantillonnage stratifié, il exige d'abord de diviser la population en sous-populations sans chevauchement appelées strates dont l'ensemble représente la population tout entière, puis de délimiter un échantillon indépendant dans chaque strate. Si chaque strate comprend un échantillon aléatoire simple, la procédure entière porte le nom d'échantillonnage aléatoire stratifié. De nombreuses raisons peuvent justifier un échantillonnage stratifié (Cochran, 1977; Schreuder & *al.*, 1993 *in* FAO 2015), la plus importante selon la même source et qu'une stratification permet d'augmenter la précision de l'estimation de la population, autrement dit, l'échantillonnage aléatoire stratifié consiste à diviser la végétation en unités plus petites (strates) homogènes par rapport à un critère déterminé (le type de groupement végétal, par exemple) afin de limiter le plus possible la variabilité des caractéristiques à estimer.

A.1. Choix et délimitation des stations d'études :

Le choix des stations repose sur un échantillonnage aléatoire stratifié, en fonction de l'hétérogénéité du milieu, nous avons choisi deux niveaux de stratification :

- ✓ Selon le gradient altitudinal (cédraie de haute altitude, cédraie de moyenne altitude et Cédraie de basse altitude) ;
- ✓ Selon l'orientation ou l'exposition.

A.2. Taille et forme des unités d'échantillonnage :

Bouchon (1979 *in* Amirat, 2016), estime que 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 *in* Amirat, 2016).

Notre échantillonnage a été réalisé en mois de juillet 2018, pour chaque site considéré nous avons délimités une aire de forme carrée (25m*25m), les données récoltées pour chaque station sont d'ordre dendrométrique et stationnelles.

2. Mesures réalisées :

2.1. Données dendrométriques :

Selon Gaudin (1996 *in* Amirat, 2016), les critères qualitatifs sont très souvent utilisés pour décrire, comparer et caractériser les peuplements mais 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 (forme 1), fourchue (forme 2), tordue ou inclinée (forme 3) ;
- **La position sociale de l'arbre** :(vivant, mort sur pied, abattu) ;
- **Le sous-bois** : présence ou absence ;
- **La production de cônes** : on a compté le nombre de cônes apparent et séparé entre ceux d'un an et deux ans et conclure sur production nulle, très faible, faible, moyenne et forte.
- **Les perturbations** : causées par l'homme (coupe), pâturage, incendies et parfois même des perturbations d'origine naturelle (foudre).

B) Données quantitatives :

- **La hauteur (m)**: mesurée à l'aide du VERTEX III Fig.(04) 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 Fig.(04)
- **La hauteur du houppier (m)** : C'est la hauteur depuis la première branche jusqu'au sommet de l'arbre.
- **Le diamètre du houppier (m)**: La mesure du diamètre du houppier est faite à l'aide d'un décimètre 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 1,30 m du sol ;
- **La densité (tiges/ha)** : qui représente le nombre de tiges de chaque station ramenée à l'hectare.

La densité et la surface terrière du peuplement donnent une idée de la structure et du matériel sur pied (Amirat, 2016).

2.2. Données stationnelles :

Pour chaque station étudiée nous avons noté 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 obtenue à l'aide du VERTEX III Fig.(04) ;
- L'exposition à l'aide d'une boussole ;
- (application GPS à l'aide de téléphone portable) tenue horizontalement, le dos de l'opérateur face à la pente ;
- Le recouvrement apprécié visuellement, par la description de l'arrangement des arbres en peuplement dense ou individus isolés ;



VERTEX III



COMPAS FORESTIER

Figure 4 : les outils de mesures utilisés

3. Traitement des données :

3.1. Traitement descriptif

Le traitement statistique des données a été fait à l'aide de l'Excel, nous avons échantillonné un total de 07 stations et mesuré un total de 423 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 cônes (6 mesures) soit 2538 mesures réalisés (423 tiges x 6 mesures).

Toutes les mesures précédentes ont donné lieu à des résultats de type descriptif ou de type analytique.

Les sujets de cèdre mesurés dans les sept stations ont été répartis en classes de diamètre d'amplitude 10 cm (Tab.02) et en classes de hauteur d'amplitude 05m (Tab.03), Ces classes ont été ensuite représentées par des histogrammes.

Nous avons classé les diamètres et hauteurs des houppiers en classes de 5m d'amplitude (tab.04)

Tableau (02) : Classes des diamètres (cm)

Darb (cm)	classes
<10	D1
[10.0 - 20.0]	D2
[20.0 - 30.0]	D3
[30.0 - 40.0]	D4
[40.0 -50.0]	D5
[50.0 -60.0]	D6
[60.0 -70.0]	D7
>= 70.0	D8

Tableau (03) : Classes de hauteur (m)

H arb (m)	classes
< 5	H1
[5 - 10[H2
[10 - 15[H3
[15 - 20[H4
[20- 25[H5
>=25	H6

Tableau (04) : Classes des diamètres des houppiers (m).

D HP (m)	classes
< 5	DHP1
[5 - 10[DHP2
[10 - 15[DHP3
[15 - 20[DHP4
[20- 25[DHP 5
>=25	DHP 6

3.2. Traitement analytique

En second lieu, nous sommes passés à l'étude des relations entre les variables :

3.2.1. Relation entre la hauteur et le diamètre :

Pour ces deux variables, on étudie le rapport (**H/D**) qui nous renseigne sur la stabilité des peuplements, BERGES,(2000) estime que pour une même essence et une même hauteur dominante (H_0), un arbre ou un peuplement est d'autant plus fragile que le facteur d'élancement H/D est élevé.

(Becquey et Riou-Nivert, 1987 *in* BERGES, 2000), distinguent trois « zones » correspondant à des domaines de stabilité différents, en fonction de la hauteur dominante (H_0) et du facteur d'élancement moyen (H_0/Do) Fig.(05), à partir de l'étude des chablis auvergnats de 1982 dans les peuplements réguliers de sapin pectiné et d'épicéa :

- *zone I « stable »* : les peuplements sont naturellement stables, quelle que soit l'intervention sylvicole pratiquée (H_0 et H/D faibles). Il s'agit d'arbres trapus et/ou de faible hauteur, c'est-à-dire des peuplements jeunes ou très peu denses. Dans ces peuplements, la résistance au vent semble liée à la bonne tenue individuelle des tiges ;

- *zone II « peu stable »* : les dégâts subis sont beaucoup plus élevés dans les peuplements ayant subi une éclaircie récente que dans les peuplements fermés. Dans les peuplements éclaircis récemment, les dégâts sont d'autant plus forts que l'éclaircie a été forte. Les arbres ont des caractéristiques qui ne leur permettent plus de résister individuellement au vent. Leur résistance est due à un effet « bloc » du peuplement, c'est-à-dire que les arbres s'appuient les uns sur les autres pour résister à l'énergie du vent. En cas d'ouverture du peuplement (suite à une éclaircie), l'effet « bloc » est supprimé et les arbres restants sont exposés au risque de chablis ;

- *zone III « instable »* : les peuplements ont subi des dégâts importants, qu'ils aient été éclaircis ou non (H_0 et H/D élevés). C'est le cas des plantations à forte densité et laissées pendant longtemps sans intervention. Les peuplements ont des caractéristiques telles qu'ils ne peuvent résister au vent. Si le phénomène de chablis est amorcé, c'est tout le peuplement qui peut être ravagé d'un coup.

On note que dans notre étude nous obtenons le facteur d'élancement en utilisant le H_0 et le Do étant respectivement la hauteur dominante et le diamètre moyen des arbres dominants.

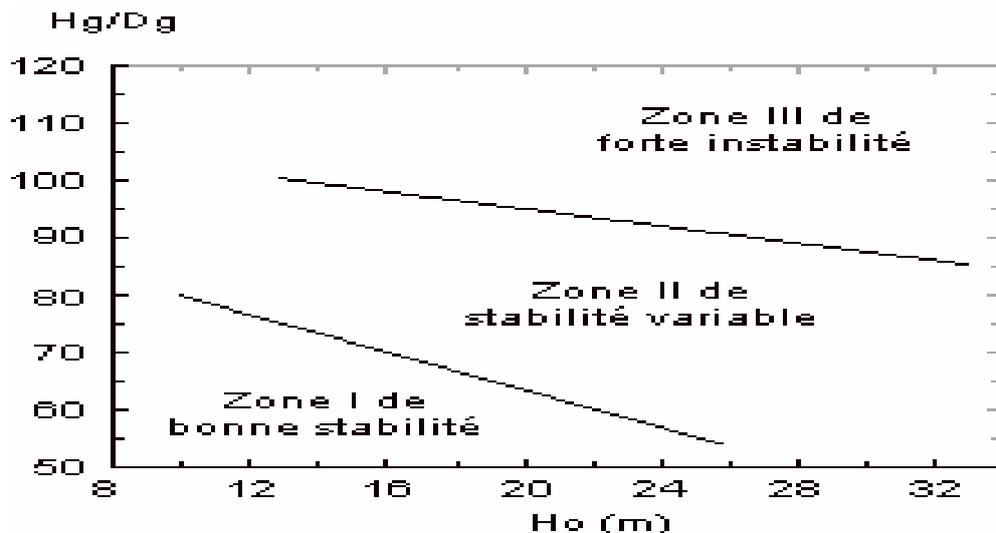


Figure 05 : Représentation des différentes zones de Stabilité définie en fonction du facteur d'élanement du Peuplement (Hg/Dg) et de sa hauteur dominante (Ho), (Berges, in INRA n°20, 2000)

3.2.2. L'étude des corrélations entre les hauteurs et les diamètres des tiges :

Pour ça, on se réfère au coefficient de corrélation de Pearson qui est défini par la formule ci-après :

$$r_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (xt - mx)(yt - my)}{(n-1)s_x s_y} \quad (t, x, y : \text{sont en indices})$$

Mx, my, sx et sy : sont les moyennes et les écarts types des données de deux séries quantitatives. Ce coefficient mesure le degré de liaison entre les diverses séries qu'elles soient élémentaires et Individuelles, Il prend les valeurs suivantes : $-1 \leq r \leq 1$.

R= -1, cela signifie que les variables x et y sont liées de manière négative, (Sens Opposés).

R= 0, cela signifie qu'il y a aucun lien entre x et y (x et y non corrélé)

R= 1, cela signifie que les variables x et y sont liées d'une manière parfaite (évoluent dans le même sens), Akli (2015)

La valeur de r n'a pas de signification intrinsèque, en revanche, son carré c.-à-d. r^2 , que l'on appelle coefficient de détermination, (R^2), qu'est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire, simple ou multiple, d'une valeur comprise entre 0 et 1, il mesure l'adéquation entre le modèle et les données observées. Le (R^2) se définit comme la part de variance expliquée par rapport à la variance totale, Il est exprimé par la formule suivante :

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}, \quad (\text{Akil, 2015}).$$

3.2.3 La corrélation entre les variables et les stations :

Pour cela on fait appel à l'analyse en composantes principales (ACP), une méthode très efficace pour l'analyse de données quantitatives (continues ou discrètes) se présentant sous la forme de tableaux à M observations / N variables. Elle permet de :

- Visualiser et analyser rapidement les corrélations entre les N variables,
- Visualiser et analyser les M observations initialement décrites par N variables sur un graphique à deux ou trois dimensions, construit de manière à ce que la dispersion entre les données soit aussi bien préservée que possible.

Chapitre IV

Résultats Et Discussion

1. Analyse des paramètres dendrométriques du reboisement de Tirourda :

Les paramètres statistiques sur les variables dendrométriques et structurales mesurées sur le cèdre (hauteur et diamètre des tiges, hauteur et diamètre des houppiers, densité et surface terrière) sont donnés dans le tableau (05).

Tableau(05) : Paramètres statistiques pour les variables mesurées sur le cèdre du reboisement de Tirourda

Les variables	Moyenne	Min	Max
D arb (cm)	22.75	4.00	44.00
H arb (m)	11.63	2.25	18.40
H hp (m)	8.87	0.85	15.40
D hp (m)	4.08	1.09	9.26
G(m ² /ha)	42.48	22.48	61.44
Densité tiges/ha)	967.42	676	1136

1.1. Le diamètre des tiges

Le diamètre moyen des tiges des sept stations est de l'ordre 22,75cm avec un écart type de 6,03 et une valeur minimale de 4cm pour la station St4 et la maximale de 44cm pour la station St3 Tab. (05)

La distribution des tiges par classe de diamètres fig.(06), de 10 cm d'amplitude montre que la classe D1(<10cm) est faiblement représentée dans toutes les stations et absente dans deux stations sur sept (St1 et St3).

La classe D2 et D3 sont fortement représentées dans les sept stations avec dominance de la classe D3 dans six stations sur sept.

La classe D4 est absente dans deux stations sur sept (St2 et St4) et faiblement représentée dans le reste des stations.

La classe D5 dépassant les 40 cm de diamètres des tiges est représenté uniquement au niveau de la station St3.

La présence des petits diamètres (<10 cm) dans plusieurs stations est le résultat de plusieurs opérations de semis à la volée réalisés par les agents forestiers du secteur ou bien des sujets âgés qui ont été broutés ce qui a ralenti leur développement.

Les sept stations présentent une structure irrégulière fig.(06) et à distribution uni modale.

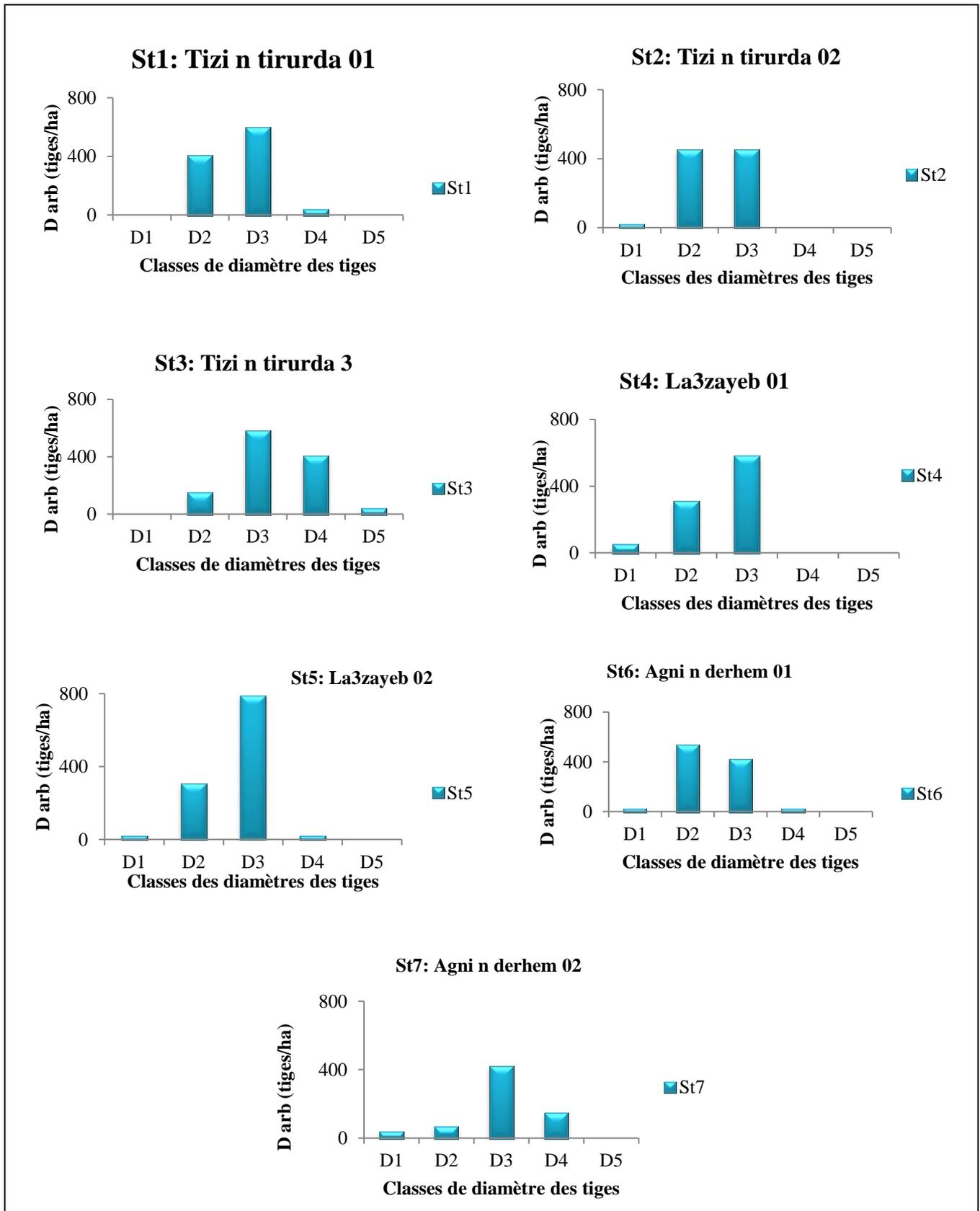


Figure 06 : Distribution des tiges par classe de diamètre

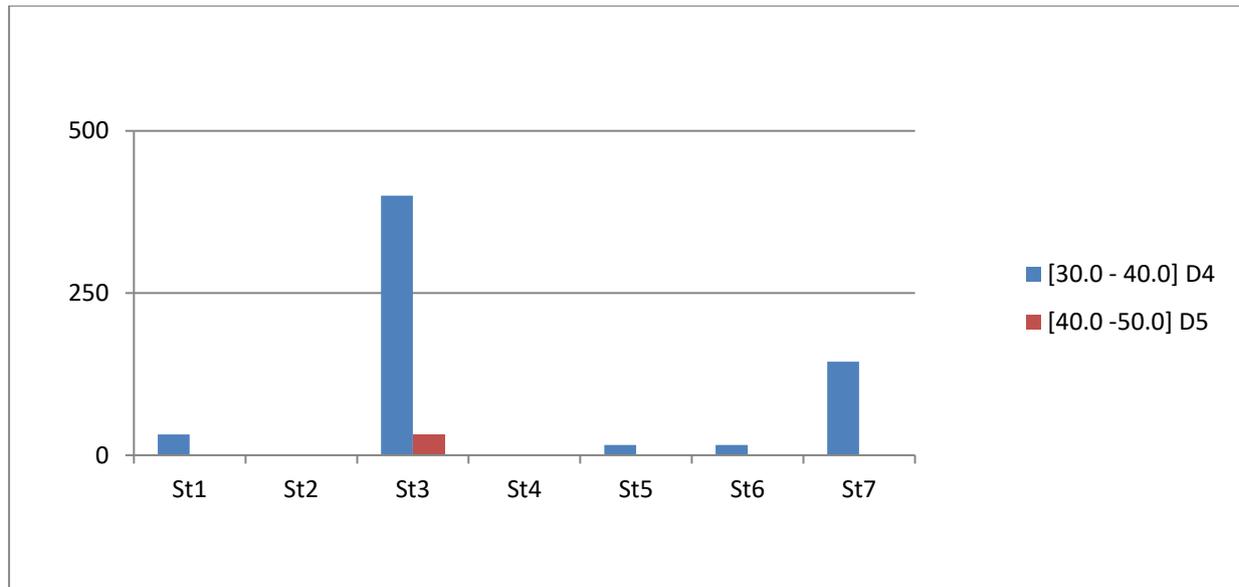


Figure 07 : Distribution des plus grosses tiges par station

Les plus gros diamètres sont enregistrées au niveau de la stations St3 fig.(07)

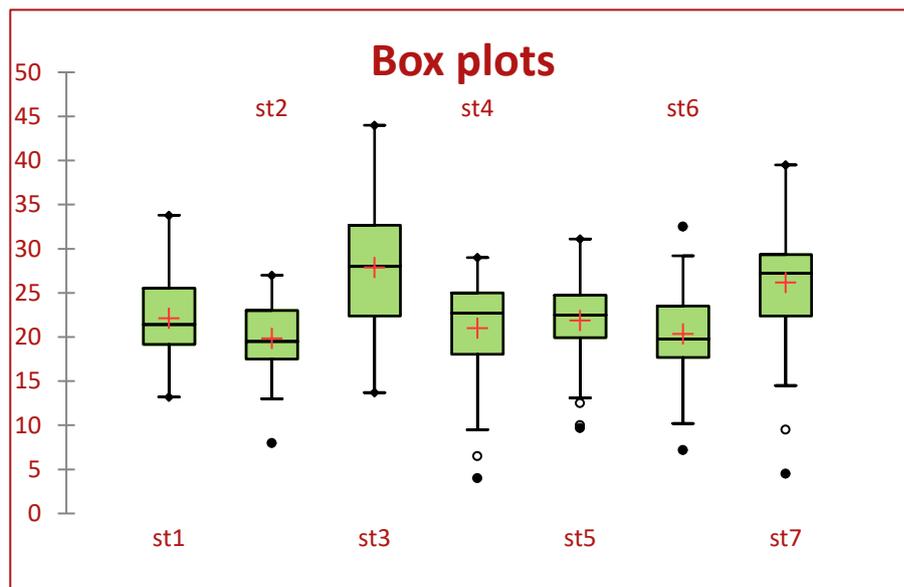


Figure 08 : Box plot des diamètres des tiges par station

La distribution des diamètres des tiges est hétérogène entre les différentes stations étudiées et à l'intérieur de chaque station à l'exception de des stations St5 et St3 où on a une homogénéité de distribution des diamètres des tiges à l'intérieur de chacune des deux stations fig.(08).

1.2 La hauteur des tiges :

Les hauteurs des tiges des sept stations varient d'un minimum de 2,25 m(St6) à un maximum de 18,9m(St3) avec une moyenne de 11,63 m pour l'ensemble des stations et un écart type de 1,81, globalement la dispersion se distingue plus des diamètres (écart type=6,03)

que des hauteurs. La distribution des tiges en classe de hauteur (5m d'amplitude) nous permet de distinguer trois groupes de stations (fig.10) :

- Dans le premier groupe on a les stations St1 et St2, l'ensemble des tiges de ces deux stations sont réparties entre deux classes seulement H2 et H3 avec la dominance de H2 pour la station St1 et la dominance de la classe H3 pour la St2, ce manque de classes peut s'expliquer par la proximité des deux stations de la route goudronnée ce qui facilite l'accès à l'homme et au bétail.

- Dans le deuxième groupe on a la représentative de trois classes de hauteur H2 ;H3 et H4 pour les stations St3 et St5 et H1.H2 et H3 pour les stations St6 avec la dominance de la classe H 3 au niveau des trois stations.

- Dans le troisième groupe on retrouve les stations St7 ; St4 au niveau desquelles on observe quatre classes de hauteur avec la dominance de la classe H3 et la faible représentativité des trois autres classes.

De plus sa proximité d'une source l'expose d'avantage à l'action anthropique et animale. On note aussi que la ST3 présente les hauteurs les plus élevées avec un maximum de 18.9m et cela est dû à sa densité la plus élevée parmi les 7 stations étudiées Fig.(10).

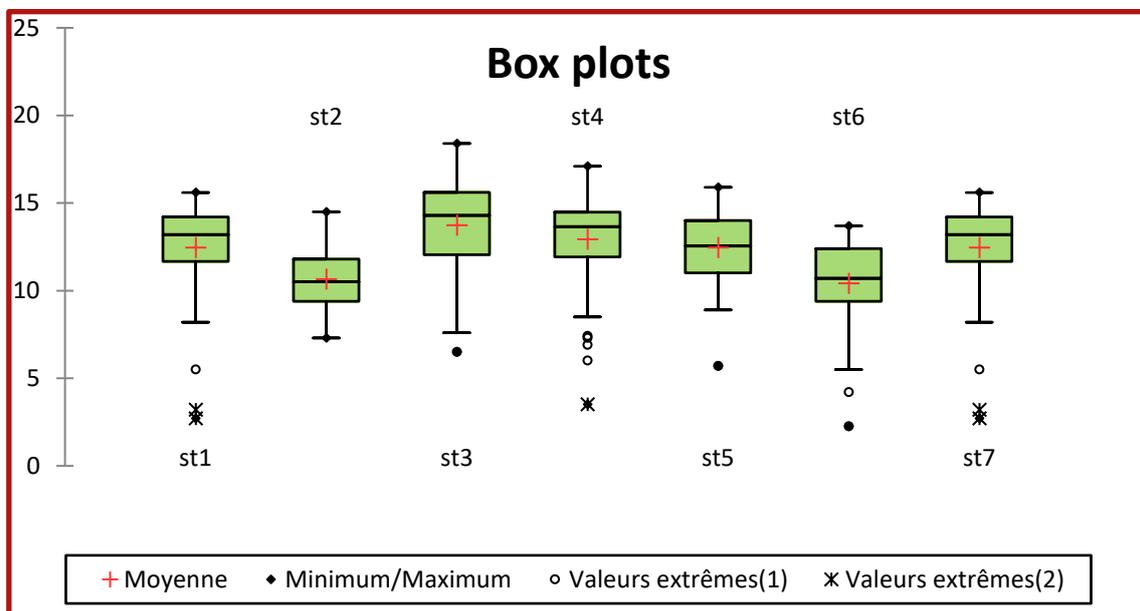


Figure09 : Box plot des hauteurs des tiges par station

Le boxplot des hauteurs des tiges fig.(09) montre une hétérogénéité de distribution des hauteurs entre les différentes stations étudiées tandis qu'on a une homogénéité des distribution des hauteurs tiges à l'intérieur des trois

stations St1 St5 et St6 ,les hauteurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station St3 ce qui peut être expliqué par la forte densité de tiges (la plus grande densité 1136 tiges/ha) ce qui explique une forte concurrence pour la lumière, la figure (10), montre que la structure des hauteurs dans les sept stations est irrégulières et à distribution uni modale

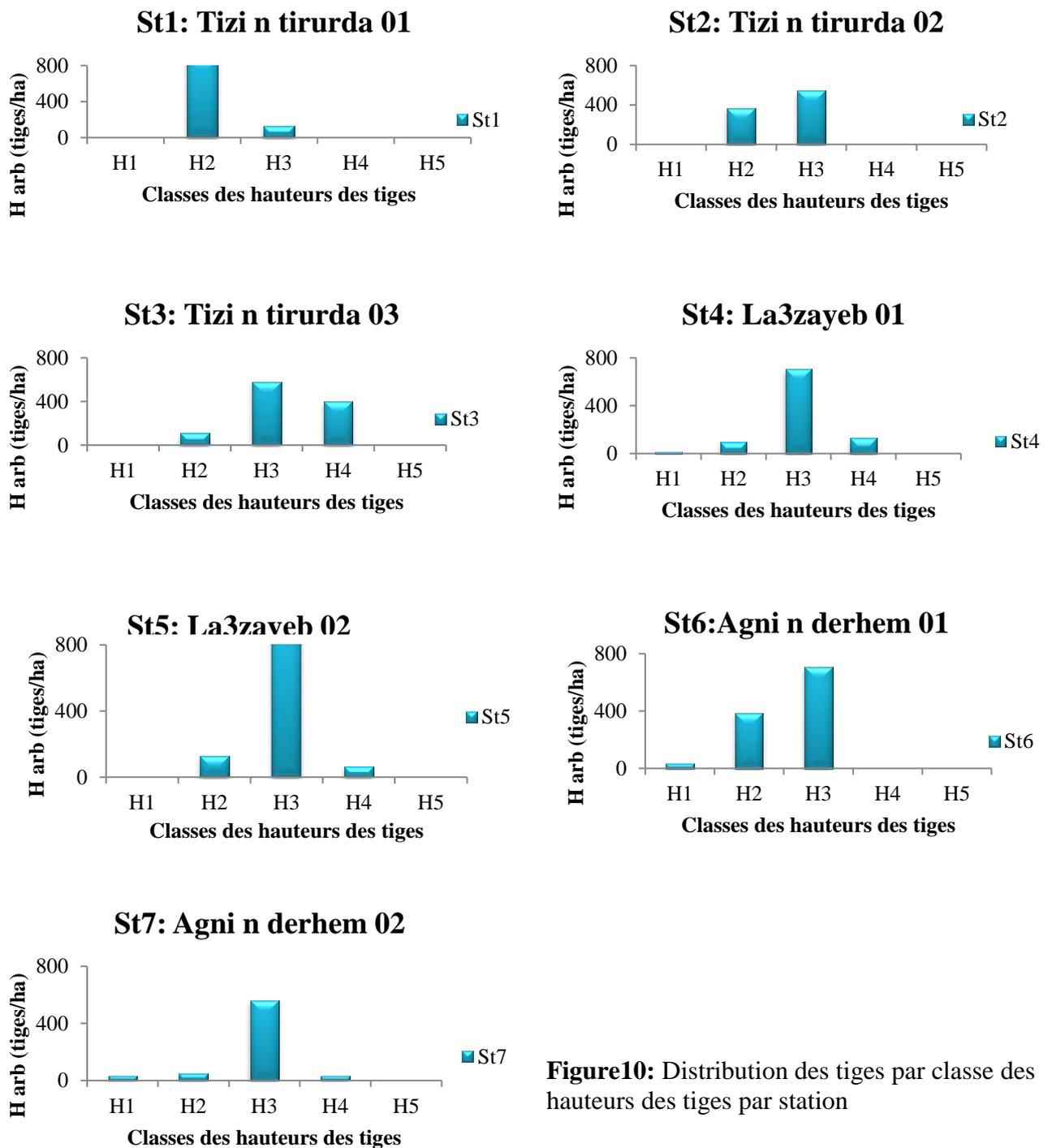


Figure10: Distribution des tiges par classe des hauteurs des tiges par station

1.3 Le diamètre des houppiers :

Le diamètre moyen des houppiers des tiges des sept stations est de l'ordre de 4,08m, il varie d'un minimum de 1,09m à un maximum de 9,26m (tab.05).

Les diamètres des houppiers des tiges des sept stations étudiées sont repartis en deux classes seulement (Fig.11), la classe D1(<5m) et la classe D2 (5 à 10m) avec la dominance de la première classe pour toutes les stations.

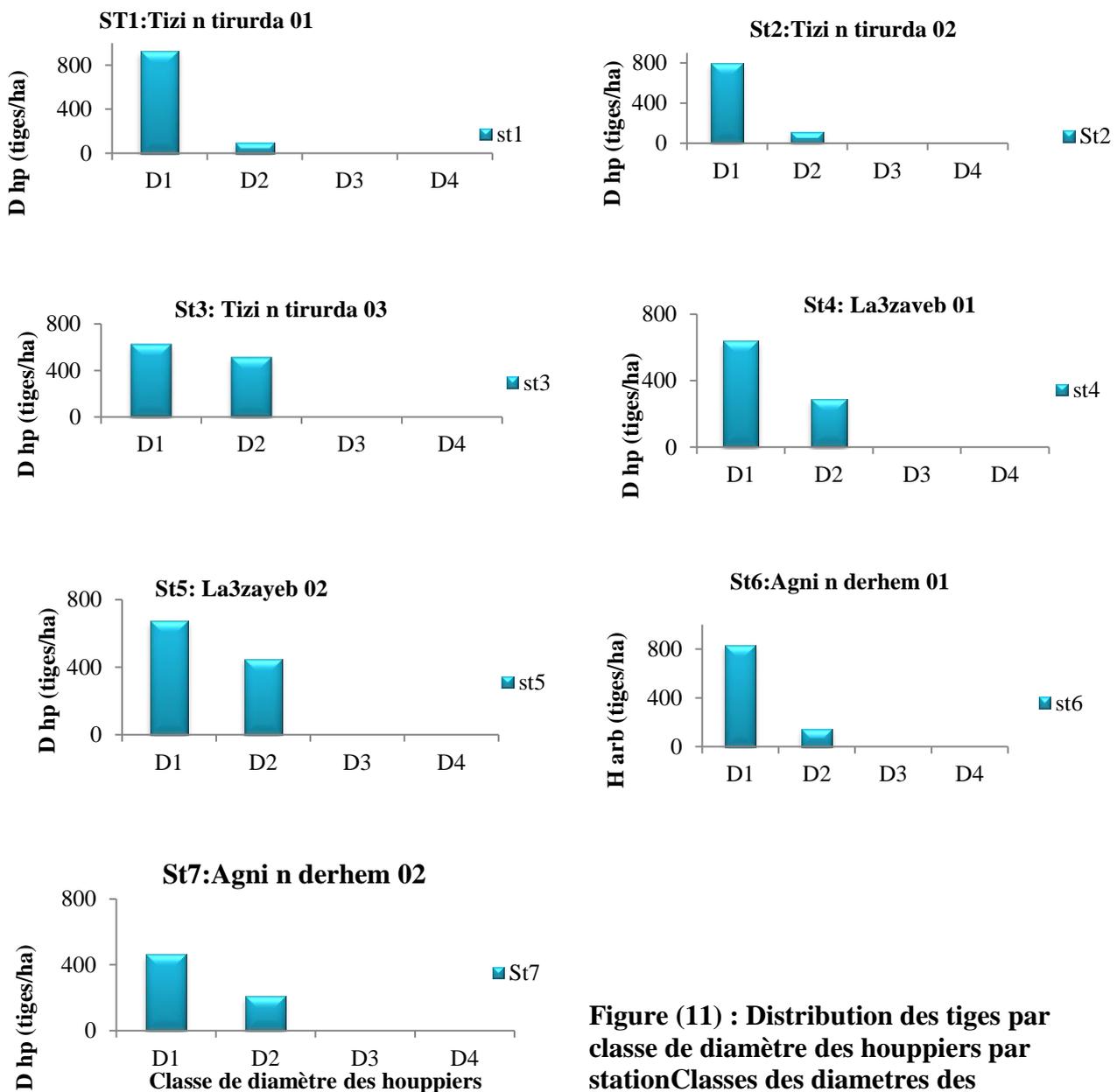


Figure (11) : Distribution des tiges par classe de diamètre des houppiers par stationClasses des diametres des houppiers

La classe D2 est faiblement représentée au niveau des deux premières stations St1 et St2 ce qui peut s'expliquer par la forme en drapeau des houppiers des tiges, conséquence de l'effet du vent qui a réduit les largeurs des houppiers.

Les valeurs des classes D1 et D2 sont proches au niveau de la station St3 ce qui est le résultat de chevauchement des branches des arbres suite à une forte densité des tiges.

La figure (12) montre une homogénéité de distribution des diamètres des houppiers entre les sept stations étudiées et une hétérogénéité de distribution de ce paramètre à l'intérieur des quatre stations : St2 ; St3 ; St6 et St7.

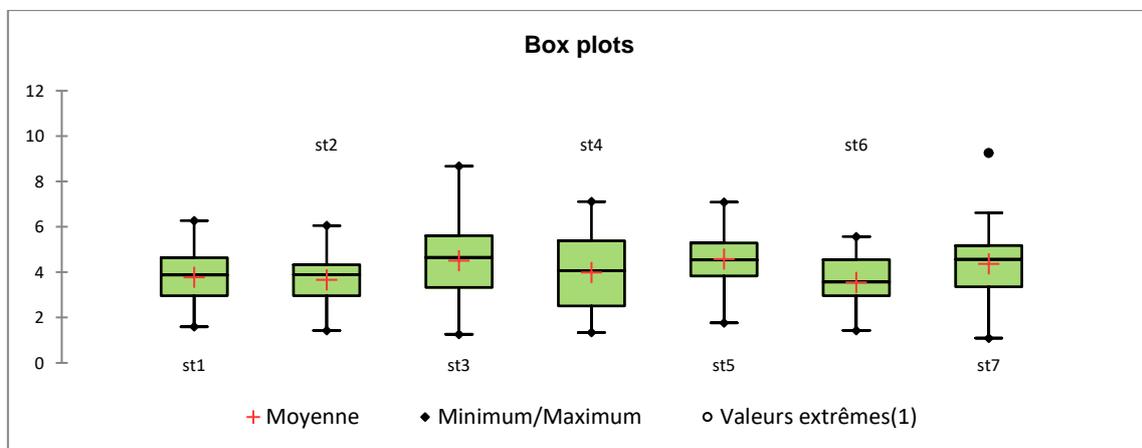


Figure12 : Box plots des diamètres des houppiers par station

1.4 La Hauteur des houppiers

La hauteur des houppiers des tiges de cèdre des sept stations varie entre un minimum de 0,85m (St6), et un maximum de 15,40m (St3) avec une moyenne de 8,87m pour l'ensemble des stations.

Le boxplot des hauteurs (Fig.13) montre une hétérogénéité de distribution de ce paramètre entre les différentes stations et aussi à l'intérieur de quatre stations sur sept (St3 ; St4 ; St5 et St7).

La distribution des hauteurs des houppiers des tiges par classe de 5m d'amplitude (Fig.14) montre la répartition des tiges dans les trois premières classes dans la majorité des stations à l'exception de la station St4 où on a observé seulement les deux premières classes H1 et H2. La classe H2 (5 à 10) domine dans six stations sur sept.

La classe H3 est fortement représentée au niveau de la station St7 (représentant 70% de l'effectif total) ce qui peut s'expliquer par la faible densité des tiges au niveau de la station (valeur minimale : 672 Tiges /ha).

La classe H4 est présente uniquement au niveau de la station St3 ce qui est expliqué par la forte pente enregistrée au niveau de cette station (70%) qui a probablement limité l'accès à cet endroit donc ces tiges ont échappées à la dent de bétail et à la main de l'homme.

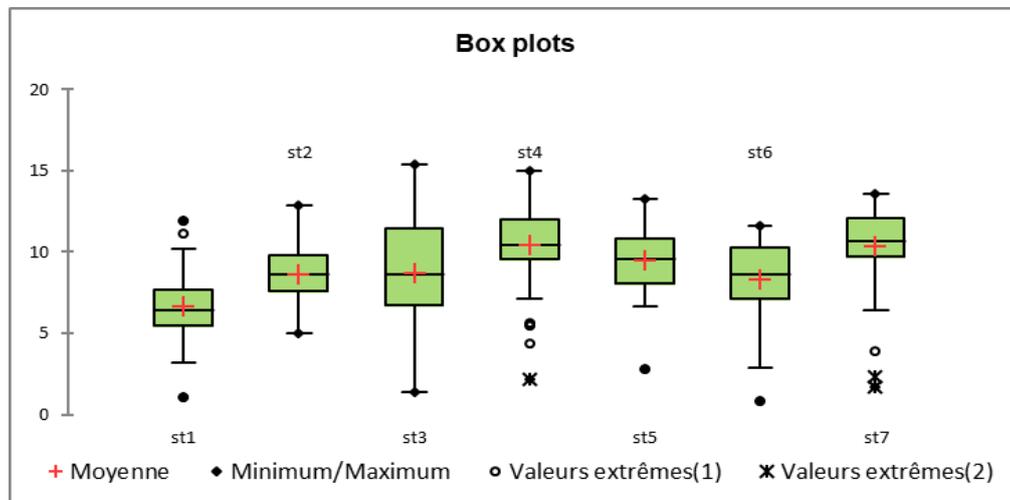


Figure13 : Box plot des hauteurs du houppier des tiges par station

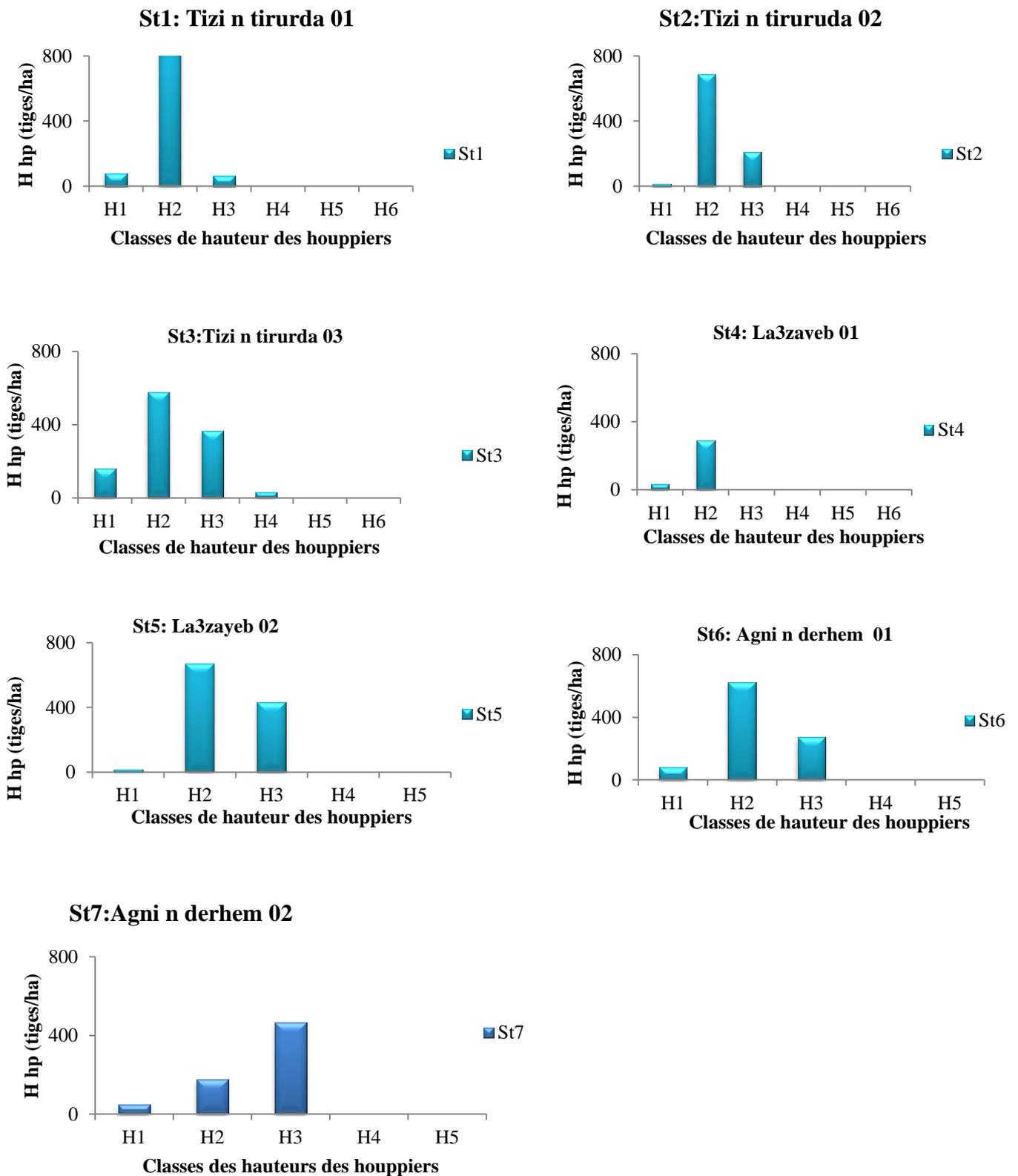


Figure14: distribution des tiges par classe des hauteurs du houppier par station

1.5. Densité et surface terrière :

La densité moyenne enregistrée pour les sept stations est de l'ordre de 967 tiges /ha avec un minimum de 676 tiges/ha pour la station St7, et un maximum de 1136 tiges/ha pour la station St3 (Tab.05).

La (fig.15), montre que les valeurs des densités au niveau de la plupart des stations sont très proches.

La surface terrière moyenne pour les sept stations est de l'ordre de 42,48 m²/ha (Tab.05), elle varie d'un minimum de 22,48 m²/ha pour la station St2 et un maximum de 61,44 m²/ha pour la station St3.

Les plus grandes valeurs de la surface terrière sont enregistrées dans les deux stations où nous avons noté la densité importante des tiges St3 et St5.

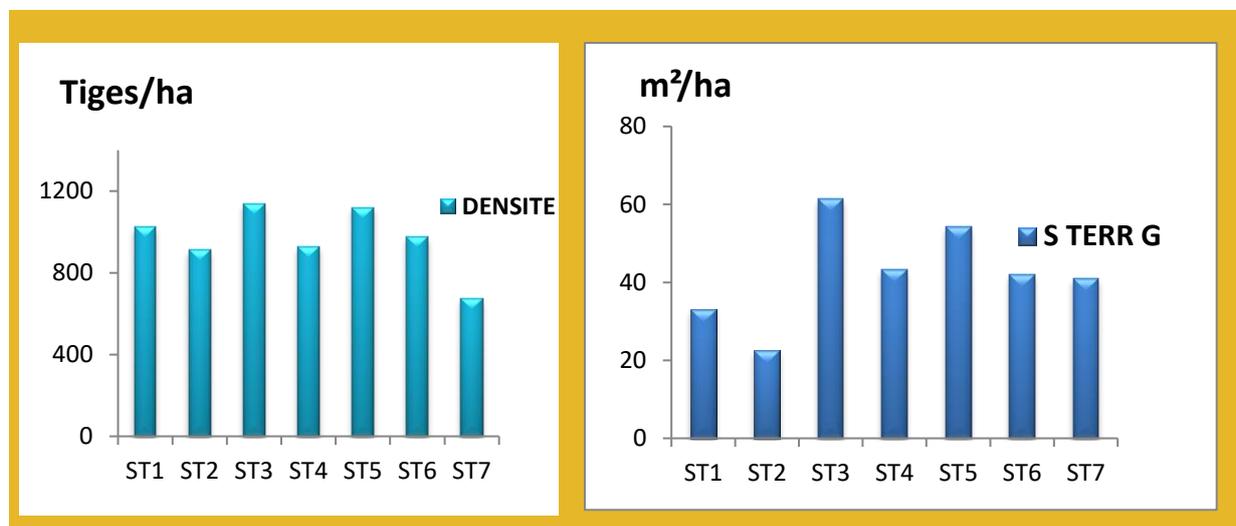


Figure15: Distribution des densités et des surfaces terrières par station

1.6. Comptage de cônes par station :

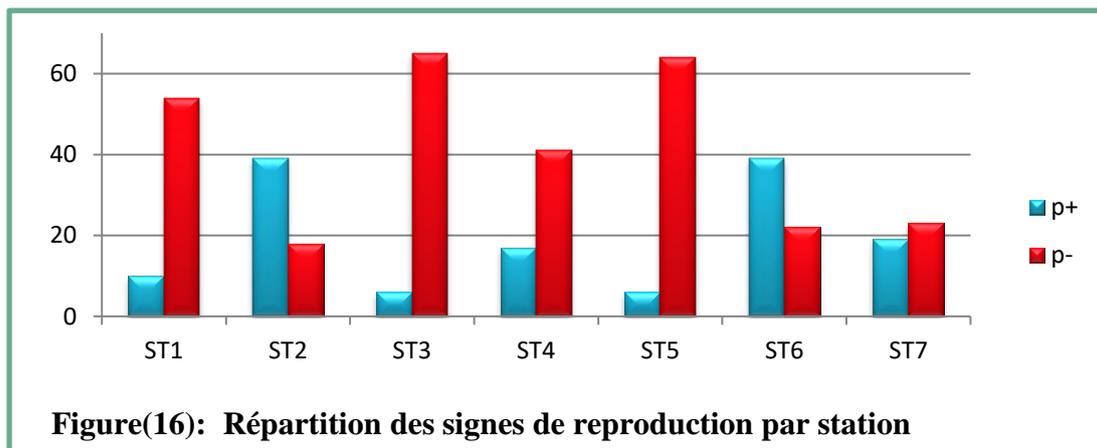
Il faut rappeler que le cèdre est une essence qui se régénère facilement sur des sols à faible degré de couverture ou suite à des incendies et en milieu ouvert par dissémination anémophile (PADRE 1976 in Foret- MED-2013), Fig.(16 &17).

Sur l'ensemble des 423 tiges inventoriées, 30% seulement ont produit des cônes, à l'échelle des sept stations étudiées nous avons noté une irrégularité de production d'une station à une autre (fig.16).

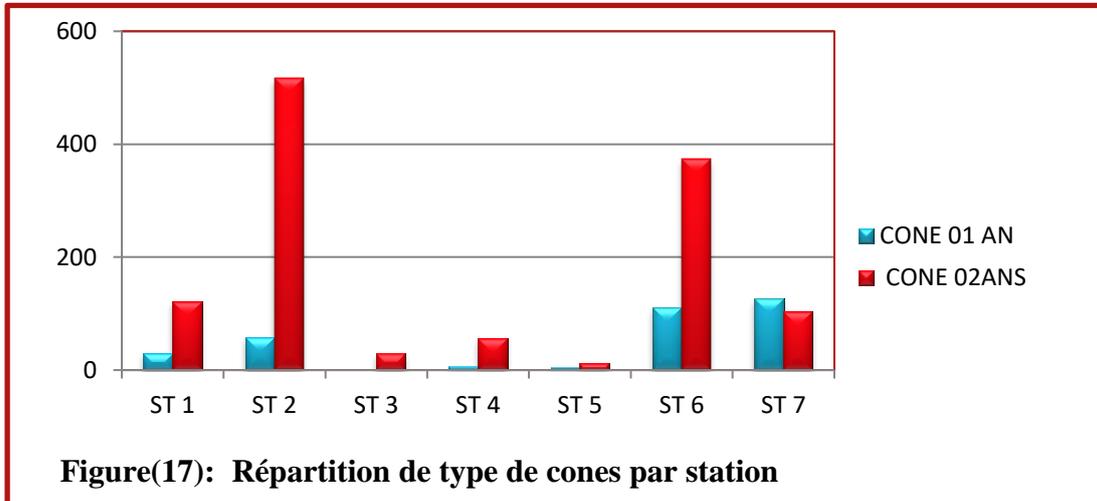
La plus grande production a été observé au niveau des stations St2 et St6 avoisinant les 70%, ces deux stations sont caractérisées par un faible recouvrement et des expositions différentes (respectivement Sud-ouest et Nord-est).

Dans la station St7 située en exposition Nord-ouest, sur une pente forte et ayant un recouvrement moyen (entre 25 et 50%), nous avons noté une production des cônes chez 45% des sujets de la station.

Pour le reste des stations, la production des cônes est inférieure à 30%, le plus faible pourcentage de production a été enregistré au niveau de ma station St3, qui est caractérisée par une forte (70%) ; une forte densité et un recouvrement important.



Figure(16): Répartition des signes de reproduction par station



Figure(17): Répartition de type de cones par station

Le nombre de cônes de deux ans est très important dans la plupart des stations par rapport à ceux d'un an (fig.17) à l'exception de la station St7 où on a observé une hausse de nombre de cône d'un an par rapport à la production de l'année d'avant.



Figure18: photos de quelques jeunes sujets

1.7 Forme des tiges des cèdres par station :

Trois formes de tiges ont été observées à l'échelle des sept stations (fig.19) :

- la forme droite ou normale qui domine dans cinq stations sur sept ;
- La forme courbée ou tordue, la plus fréquente dans les stations St1 et St6 ;
- La forme fourchue rencontrée dans toutes les stations chez un nombre de sujets réduit

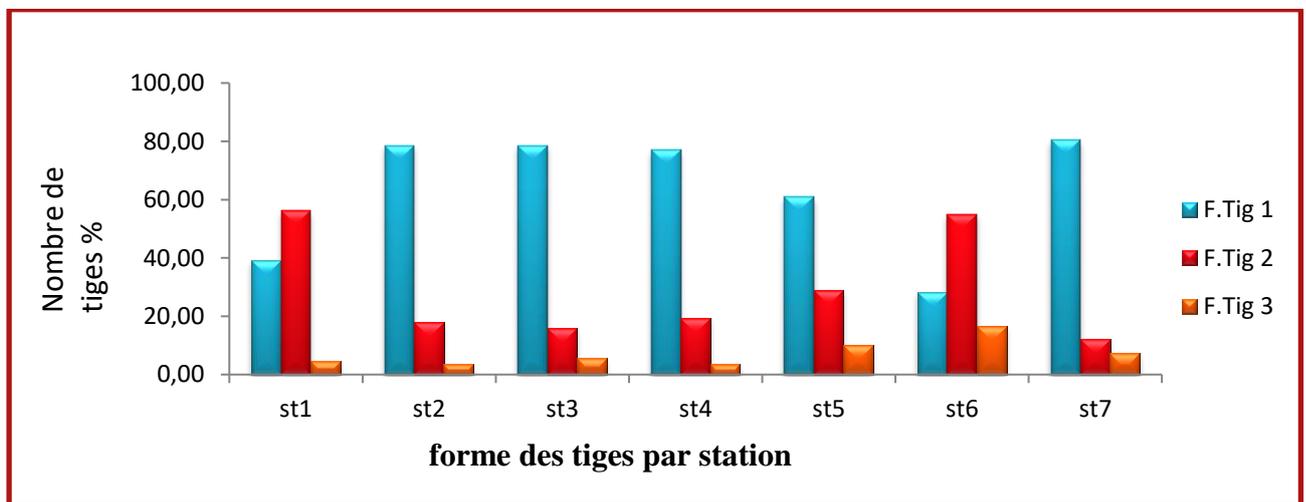


Figure19: Répartition des trois formes de tiges par stations

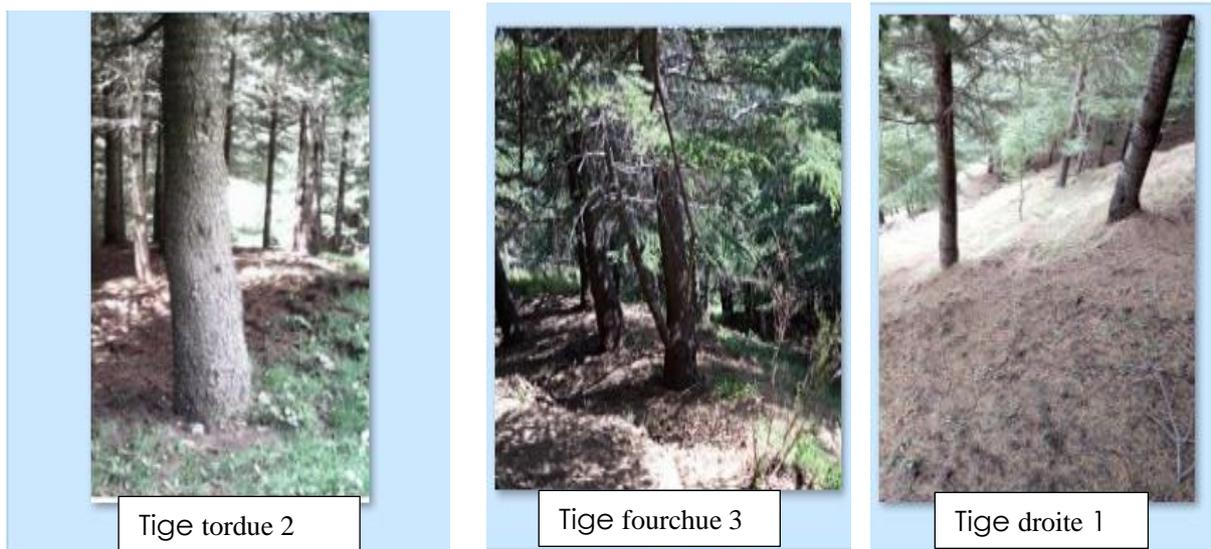


Figure 20: Les trois formes de tiges au niveau des stations

2 Etudes des relations entre les différentes variables dendrométriques

2.1 Le rapport H/D

Le rapport hauteur/diamètre relevé dans toutes les aires est à peu près constant et favorable à la stabilité des arbres : on ne note pas de signe d'instabilité ou de risque de chablis Tab.(6), et on peut ainsi classer nos stations dans la zone stable, notant que le H_0 calculé varie entre 10 et 14,18 m.

Tableau(06) : Rapport H/D dans les six stations

STATIONS	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7
H/D	37,20	46,60	40	61,47	50	45,50	39,20

2.2 Corrélation hauteur-diamètre de l'arbre

L'analyse des graphes (nuage de points), Fig.(20), issus de la combinaison (hauteur ; diamètre) pour chaque station, nous a permis de comprendre et d'approfondir la relation entre les deux variables en question ,en effet, le r^2 calculé pour chaque station, nous renseigne sur le pourcentage de la variance de **Darb** expliquée par la variable **Harb** et inversement, nous avons trouvé que le lien est très faible dans la moitié des stations ST1 ; ST2 ;ST3 et ST6, mais dans

les ST4 et ST5 le ST7 la corrélations est significative surtout dans la ST7($r^2=0,700$) sauf qu'on ne peut pas se prononcer para port à la raison ou le facteur influençant sur le diamètre et la hauteur des tiges.

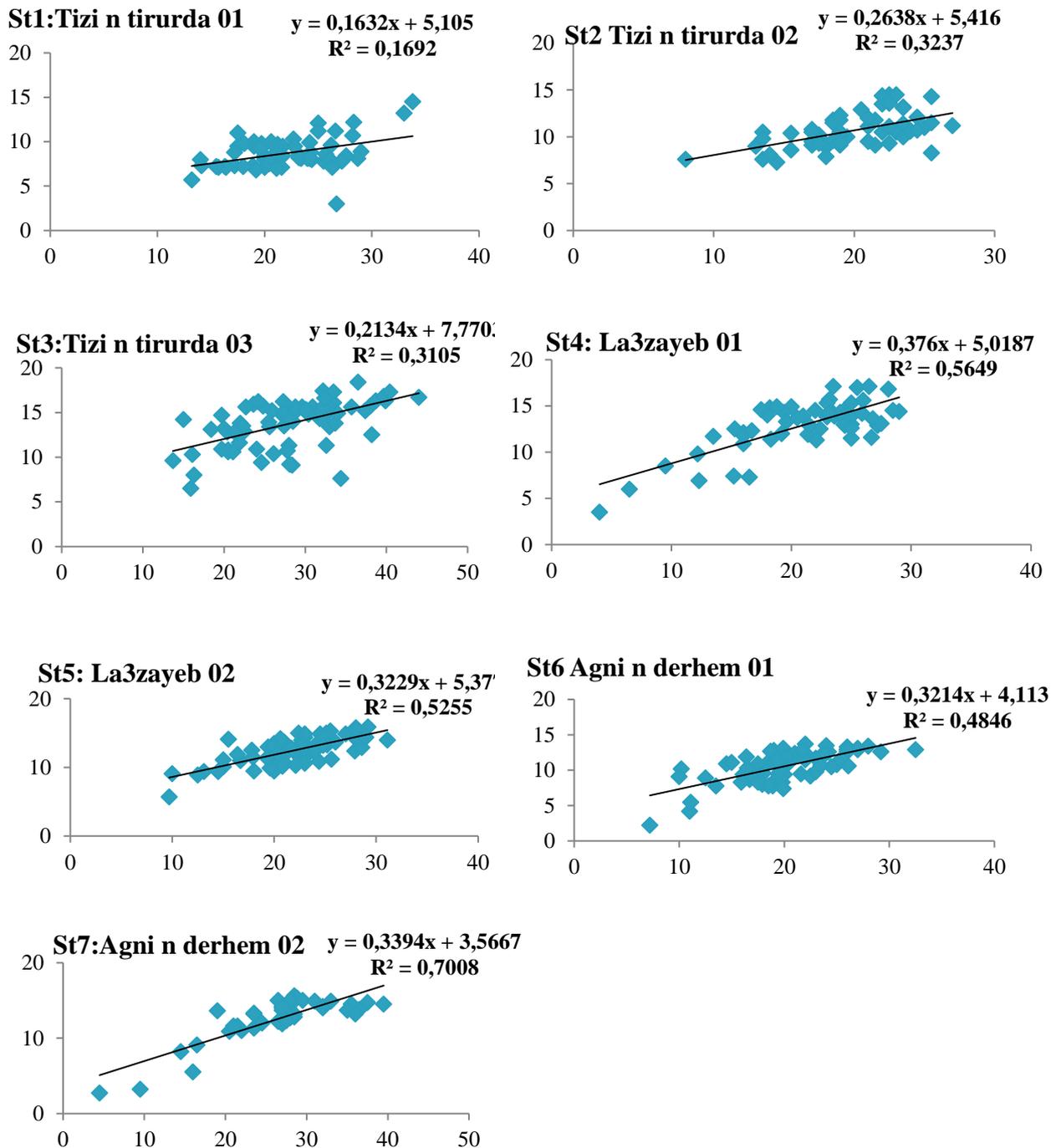


Figure (21): Etude corrélation hauteur/diamètre des tiges de cèdres de Tirourda

2.3. Corrélation entre les variables mesurées sur le cèdre de col de Tirourda

a) L'analyse en ACP :

L'idée à la base de l'analyse en composantes principales est de pouvoir expliquer ou rendre compte de la variance observée dans la masse de données initiales en se limitant à un nombre réduit de composantes, et de faire sortir s'il y a lieu des groupes de ressemblances entre les stations. Par le biais de logiciel Xlstat-pro, l'Analyse en Composantes Principales qu'on a réalisé, concerne nos sept stations étudiées avec un nombre d'individus $N=423$, où on a retenu comme variables quantitatives actives : diamètre des tiges (D arb) ; la hauteur des tiges (H arb) ; diamètre des houppiers (Hhp) ; hauteur des houppiers ; la surface terrière des arbres (surf T) et enfin la densité par station (Densité), et nous avons mis en variables supplémentaires qualitatives les stations (ST) et la forme des tiges (F.Tig) .

aux premiers pas de notre ACP, nous devons s'intéresser aux tests qui nous aident à vérifier si notre échantillonnage et surtout la matrice de corrélation, issue de l'analyse Tab.(08), possèdent les propriétés souhaitées pour l'ACP, pour se faire, on applique un test qui permet de mettre à l'épreuve l'hypothèse nulle selon laquelle notre matrice obtenue proviendrait d'un échantillon où la matrice serait une matrice d'identité, c'est le test de sphéricité de Bartlett, dans notre cas, est interprété comme suit :

H_0 : Il n'y a pas de corrélation significative différente de 0 entre les variables ;

H_a : Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0 ; étant donné que la p-value calculée ($< 0,0001$) est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a .

ainsi au second lieu, on calcule le déterminant de la matrice qui selon Field (2000) in Jaque B.(2003), si ce déterminant est inférieur à 0,00001, on ne devrait jamais procéder à une ACP, dans notre cas il est égale à 0.030 et donc il ne s'agit pas d'une matrice singulière. De même, nous avons examiné les variables selon le principe de Kaiser,(1974) in Jaque B.(2003) qui suggère d'appliquer un test de précision ou d'adéquation de l'échantillonnage (KMO) et qui doit être supérieur à 0,5, dans notre cas, il est égale à 0,582 et peu être amélioré si ce n'est la nature de la variable densité (donnée pour chaque station) qui s'avère moins satisfaisante, en conclusion, d'après ces tests, notre ACP est très justifiable et peut être réalisée pour notre échantillonnage.

b) Lecture de la matrice des corrélations

Tableau (07) : Matrices de corrélation entre les variables mesurées

Variabes	Darb	Harb	Dhp	Hhp	Surf T	Densité
Darb	1,000					
Harb	<u>0,633</u>	1,000				
Dhp	<u>0,558</u>	<u>0,405</u>	1,000			
Hhp	<u>0,535</u>	<u>0,852</u>	<u>0,425</u>	1,000		
Surf T	<u>0,411</u>	<u>0,328</u>	0,197	-0,032	1,000	
Densité	0,058	0,079	0,093	-0,155	<u>0,585</u>	1,000

La matrice de corrélation issue de notre analyse, Tab.(07), entre les six paramètres dendrométriques relevés sur nos sept stations, nous renseigne sur la nature de relation entre chaque paramètre, son analyse nous fait sortir six cas de corrélation positives et hautement significatives notamment le diamètre et la hauteur des tiges ($r=0,633$) ;et entre la hauteur de l'arbre et la hauteur du houppier ($r=0,852$) et nous avons ($r=0,538$) qui est entre la surfa terrière et la densités, puis significative entre le diamètre des tiges et la surface terrière ($r=0,411$), de même, pour la hauteur des arbres et le diamètre de houppier ($r=0,405$), puis on a aussi le diamètre de houppier et la hauteur des houppier ($r=425$) et pour les corrélations moyennes où la valeur de (r) varie entre 0,3 et 0,4 nous trouvons les ($r=328$) entre la hauteur des tiges et la densité, et aussi comme model de faible corrélation et négative, on note ($r= -155$) entre la hauteur des houppiers et la densité

c) Part de la variance expliquée par les axes factoriels

La diagonalisation par le logiciel Xlstat-pro de la matrice de données formées par les six variables actives en colonnes et les quatre cent vingt-trois d'arbres en lignes nous donne un tableau de valeurs propres Tab.(08) indiquant la part de variance expliquée par chaque facteur ou composante principale, le nombre de facteurs ou axe correspond au nombre de variables qui est de six dans notre cas, et pour le choix et le nombre des axes à prendre en considération nous nous appuyons sur le principe de Kaiser-Guttman (RSE, 2006), ce critère suggère de conserver les facteurs qui présentent une valeur propre (*eigenvalue*) supérieure à 1, de ce fait, nous retenons comme le montre le Tab.(09), l'axe F1 et l'axe F2 ayant respectivement des valeurs propres 2,854 et 1,602 cumulant une variance expliquée de 74,267% soit (47,56+26,70)% .

Tableau (08) : Valeurs propres issues de l'ACP						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	2,854	1,602	0,704	0,509	0,257	0,073
Variabilité (%)	47,566	26,701	11,740	8,488	4,284	1,221
% cumulé	47,566	74,267	86,006	94,495	98,779	100,000

Pour la contributions des variables à la construction des axes retenus comme le montre le Tab (09), on trouve (Darb ;Harb et Hhp) contribuent à des proportions presque égales entre 21 et 28% suivis de Dhp à un taux moins qu'est de 16%, notant qu'aucune des variables ne présente une contribution excessive, quant aux variables composants l'axe F2 on trouve (S terr. et Densité) respectivement 38,19 et 46,24 % et même la variable Hhp contribue de 14,20 %.

Tableau(09) : contributions des variables en %

	F1	F2
D arb	25,159	0,011
H arb	27,848	1,283
D hp	16,622	0,063
H hP	21,799	14,205
S terr.	7,457	38,199
Densité	1,117	46,240

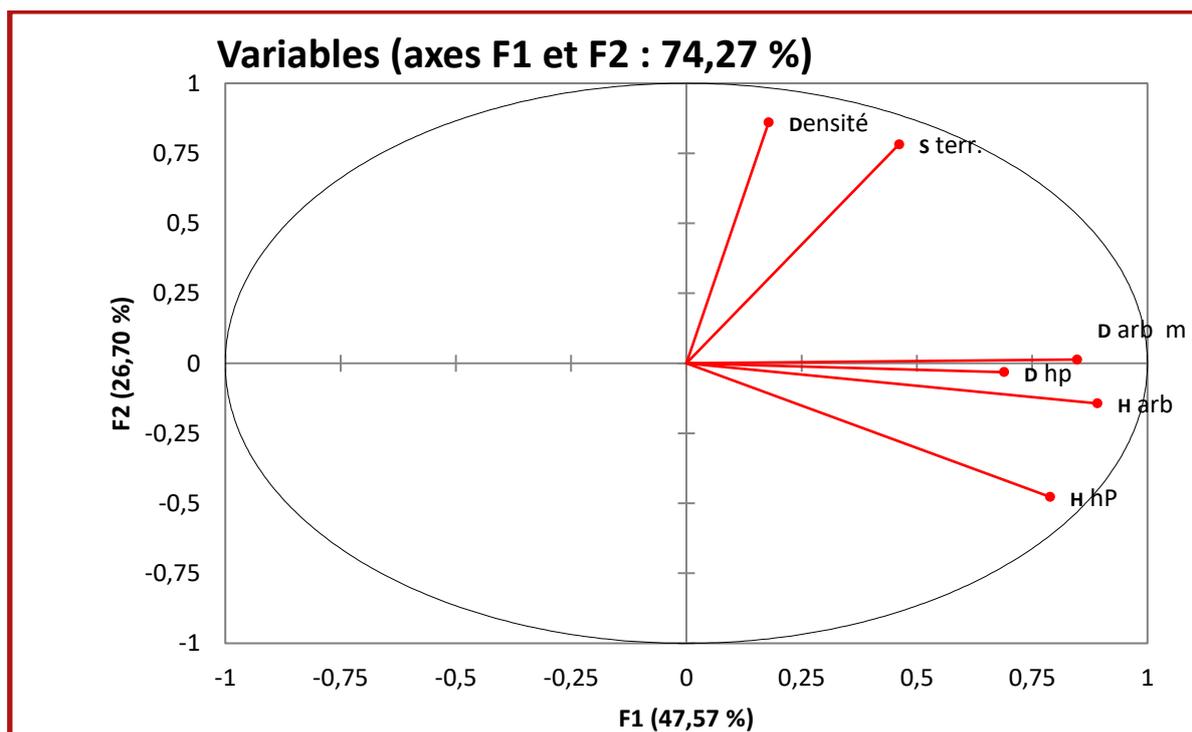
d)Analyse des corrélations variables-facteurs et projections sur plans factoriels

En examinant le tableau Tab.(09) on constate que les variables (Darb ;Harb et Hhp) sont bien corrélées positivement avec l'axe F1 de même pour la Dhp elle affiche une valeur de 0,689, à noter aussi que les deux autres variables sur l'axe F2(S terr. et Densité) sont également corrélées positivement mais, la Hhp affiche une valeur négative ce qui implique une corrélation négative avec l'axe F2.

Tableau (10) : corrélations variables-facteurs

	F1	F2
D arb cm	0,847	0,013
H arb	0,891	-0,143
D hp	0,689	-0,032
H HP	0,789	-0,477
S terr.	0,461	0,782
Densité	0,179	0,861

Et la projection orthogonale des vecteurs sur l'axe F1, et l'axe F2, **Fig.(21)**, nous laisse constater que les variables Darb ;Harb et Dhp sont corrélées entre elles positivement à un degré moins avec la Hhp et les trois premières sont un peu corrélées avec la Sterr. et la Densité mais la Hhp apparait orthogonal avec ces deux vecteurs.

**Figure (22) : Projection des variables sur le plan factoriel retenu.**

Et enfin nous arrivons à la projection des individus sur le plan factoriel **Fig(22)**, et nous devons se rappeler que les deux variables qualitatives notamment les ST(stations) et F.tiges (forme de tiges) vont être des indicateurs pour pouvoir sortir les ressemblance entre stations par le biais des coordonnées des barycentres, ainsi les valeur positives sur l'axe F1 regroupe les stations à des diamètres importants (ST3 ;ST7 et ST4et ST5) et l'autre côté regroupe les stations à des

Darb réduits (ST1 ;ST2 et ST6)et pour le critère densité nous relevons aussi deux groupes en haut du graphe (ST1 ;ST3 et ST5) et en bas de graphe (ST6 ;ST2 ;ST4 et ST7), et pour la forme des tiges, nous remarquons la forme saine et droite caractérise les individus de droite de l'axe F1 (ST3 ;ST5 ;ST4 ET ST7) et les deux autres formes tordues et fourchues caractérisent les stations de gauche (ST1 et ST2 et ST6) .

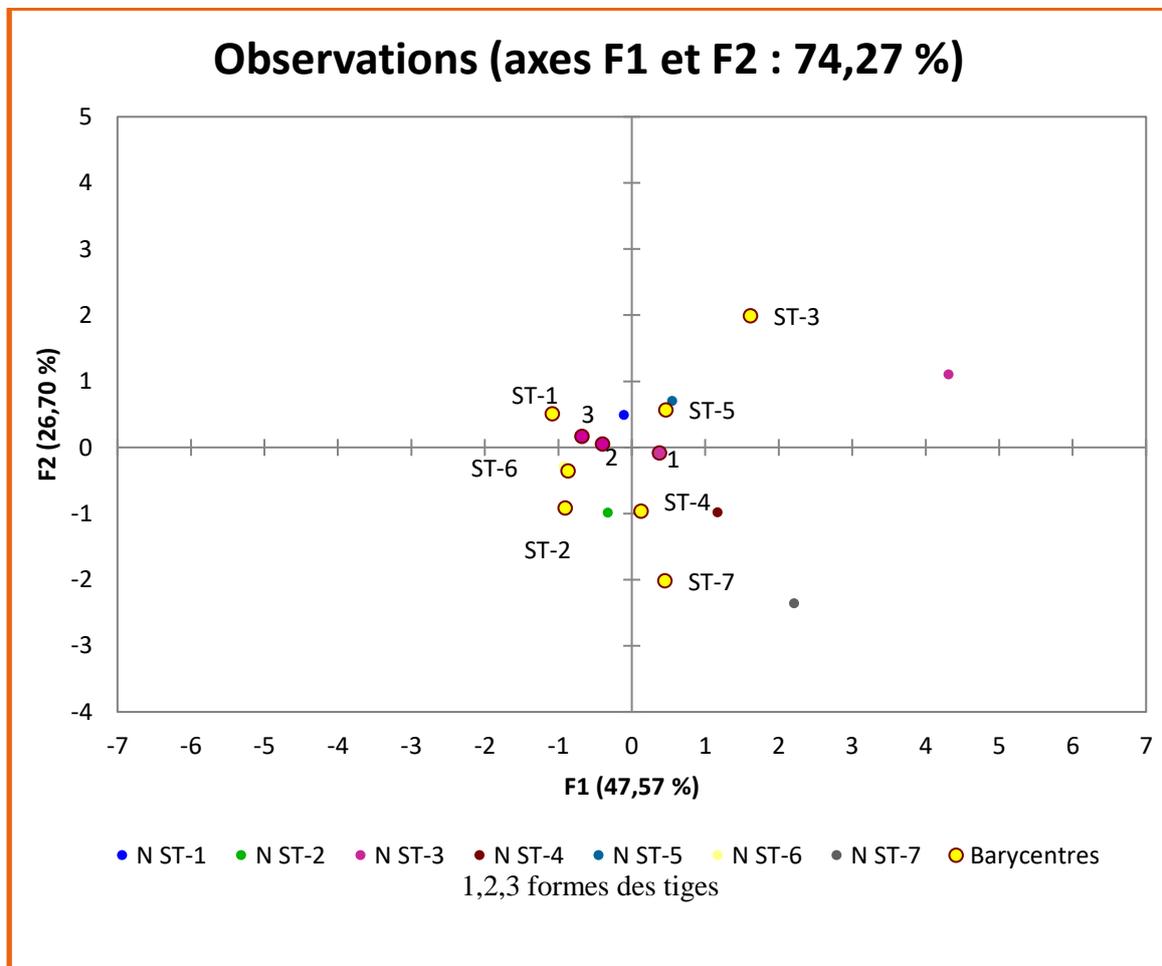


Figure (22) : Projection des stations / barycentres sur le plan factoriel retenu.

3. Etude de L'influence des paramètres stationnels :

Les caractéristiques et données stationnelles des stations sont rapportées dans le Tab(12) ,l'analyse des six paramètres dendrométrique considérés dans notre étude nous donne pas de manière précise une réponse sur la question de l'influence car nous avons constaté que la ST3 versant Sud (SG) se porte bien et ce, traduit par les valeurs élevées enregistrées, et on trouve aussi du côté Nord (N-O) la ST7 aussi performante et d'autre part on trouve la ST2 versant SUD (S-O), de même altitude que la ST3, qui présente de faibles valeurs mais aussi avec des signes de reproduction et pareil pour la ST6 du coté opposé. par contre il fort nécessaire de signaler l'influence de la limite altitudinale notamment, les crêtes, à ce niveau le cèdre se

trouve en difficultés :défoliations ;port non droit et houppier déformé (effet drapeau), et cela est dû aux vents très fort qui frappe ces parties particulièrement.

Pour l'effet de la pente nous avons remarqué que les stations où le de degré de pente est faible, les valeurs diminues ST6 et ST5, et pour ce qu'est des banquettes, qui sont utilisées comme techniques de plantation, selon (RABHI, 2015), sont axés sur l'amélioration du comportement hydrique du sol ainsi que d'éviter le ruissellement accentué par les fortes pentes, des terrasses de 8m de longueur et 2m de dénivelé ont été installées, les résultats confirment que ces travaux sont très favorables à la reprise des plants et à la croissance future des arbres, que ce soit en deux ou trois lignes de plantation par terrasse,(fin de citation) .Mais dans notre travail nous avons remarqué que la densité des sujets est irrégulière et parfois on trouve jusqu'à cinq pieds en un mètre carré ce qui fait qu'en ce moment, à l'état actuel et prochainement, peut devenir un facteur défavorable pour la croissance normale des arbres.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre travail est accentué sur l'étude structurale de reboisement de Tirourda, situé à la partie orientale du massif de Djurdjura, l'analyse statistique des mesures dendrométriques obtenues dans les sept stations, nous confirme au premier temps l'aptitude de *Cedrus atlantica manetti* à se développer en plantation artificielle notamment dans son aire géographique, en effet, ce reboisement affiche bel et bien des potentialités à ne pas négliger, traduites par des valeurs importantes (DMOY=22,75cm et HMOY=11,63m) proches de celles obtenues, par RABHI (2015) dans la même zone et à Chrea respectivement (22,62cm ; 21,72cm) pour le diamètre moyen des tiges et (12,14m ; 12,85m) pour la hauteur moyenne des tiges.

De même, ces résultats ont montré à quel point sont liés les paramètres dendrométriques entre eux notamment entre la hauteur des tiges et leur diamètre, et entre le diamètre des tiges et la surface terrière et entre la hauteur des arbres et le diamètre des houppiers et entre la hauteur des arbres et la hauteur des houppiers et enfin entre la densité et la surface terrière.

Et grâce à ces résultats, nous avons mis aussi l'accent sur la présence des organes reproducteurs mâles et femelles, et même plus, la présence de régénération naturelles qui n'est pas vraiment abondante mais très remarquable au niveau des lisières des bois, quoique les jeunes plantules ne peuvent survivre à cause de la forte densité qui donne des conditions de luminosité réduite qui empêchent leur développement, ajoutant à ça l'action anthropique et animale.

Pour ce qui est des paramètres stationnels, mis à part la limite altitudinale, nous n'avons pas pu mettre en claire l'influence de chaque élément sur le développement de cèdre de l'Atlas, ainsi que les facteurs géopedologiques qui nécessitent des études approfondies afin de retrouver les performances de cèdre selon chaque paramètre.

De toutes ces remarques, on peut dire que le cèdre de l'atlas au col de Tirourda a montré une bonne adaptabilité en reboisement artificiel et il reste à cerner les vrais facteurs limitants qui ont fait que nous démarrons de 450 ha et arrivons à 220 ha à nos jours.

RECOMANDATIONS :

_ En s'appuyant sur les expériences réalisées localement notamment à Tirourda (notre zone d'étude) et à Tizi oudjavouv et Blida (chreaa) ou ailleurs en région méditerranéenne comme en Secile (Italie), Monts Ventoux (France) nous recommandons le suivant :

- _ Accentuer les interventions sylviculturales adaptées destinées à accroître la stabilité de couvert ; pour permettre à la régénération naturelle de s'y installer
- _ faire adapter des interventions afin de favoriser le caractère héliophile de l'espèce et stimuler ainsi sa capacité de croissance
- _ Rationnaliser le pâturage surtout dans les zones où la régénération tant à s'affirmer spontanément (sts7) quitte à écarter le pâturage de l'aire de régénération pour une période suffisamment longue pour que la nouvelle génération puisse se développer et survivre
- _ préconiser un traitement particulier pour les zones très denses où les éclaircis ne doivent être systématiques sinon on déclenchera le phénomène de chablis.

Références Bibliographiques :

ABDESSEMED, K. 1990. Le cèdre dans le massif de l'Aurès et du Belzma, Algérie. In actes du symposium international sur le cèdre, Antalya, Turquie, pp :129-143.

ABDESSEMED, K., 1981 : Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) dans le massif des Aurès et de Belezma : étude phyto-sociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse. Doct. Fac. St.Jerome, Marseille:199 P.

ADAMI N., 2008 : étude du parc national du Djurdjura : gestion et évaluation
Mem. Ing., Dép. Agr. U.M.M.T.O. 104 P.

AKLI A.2015 : Etude comparative de la croissance radiale et des variables dendrométriques (hauteur, diamètre) des reboisements de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) du Djurdjura et de Chréa (Blida) »2012 in Akli, 2015), Mem. Mag., Dép. Agr. U.M.M.T.O. 132 P.

AMIRAT, Y., 2016 : Analyse structurale de la cédraie en quelques points du Djurdjura nord-ouest (Thala-Guilef et Thabourth-El-Inser). Mem. Mag., Dép. Agr. U.M.M.T.O. 104 P.

ABDESSELEM, 1997 :

Drainage karstique de la chaîne calcaire du Djurdjura (Grande Kabylie, Algérie) Alimentation et interaction entre composantes évaporitique et carbonaté .Proceedings of the 12th International Congress of Speleolog,1997, switzerland volume 2 ,P247-248

BAHRI, B., 2006 : Contribution à l'étude de l'influence des facteurs édaphiques, orographiques et biologiques sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M.*) dans les monts des Ouled Yagoub. Mém.Mag. Agr. Univ. COLONEL EL HADJ LAKHDAR, BATNA.138P

BERGES L. 2000, in Dossiers de l'environnement de l'INRA n°20, forêts et tempête, décembre 2000, Pp 140-148 sur site books.google.com, Article : Sensibilité des peuplements

forestiers face aux dégâts du vent : influences conjointes de la station et de la structure sur la résistance de diverses essences forestières

EMBERGER L.1938 : Contribution à la connaissance des Cèdres et en particulier du Déodar et du Cèdre de l'Atlas In Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 18^e année, bulletin n°198, février 1938. pp. 77-92;

FAO, 2015 : Répertoire des connaissances sur évaluations des ressources forestières nationales chapitre : Sampling designs for national forest assessments. ROME 152P.

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.*154 P

LARBI R., 2016 : Analyse de la diversité floristique et de la phyto-dynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura Centro- méridional (station de Tikjda). *Mem. Mag. Biologie. U.M.M.T.O.*128P.

M'HIRIT O., 1999 : Le cèdre de l'Atlas à travers le réseau Silva Mediterranea « Cèdre ». Bilan Et Perspective. in Forêt méditerranéenne t. XX, n°3, mars 1999 t. XX N° 3:PP 91 - 97.

M'HIRIT O., 2006 : Le Cèdre de L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. MARGADA: pp 47.

NOURINE N. & FERGANE T., 2017 : Analyse de la structure de la cédraie en quelques points du Djurdjura Nord-Ouest (Tala-Guilef) , Mem. Master, Dép. Agr. U.M.M.T.O. 60 P.

PADRE 1976 in Forêt méditerranéenne t. XXXIV, n° 1, mars 2013.Pp17, article d'origine : Les reboisements en cèdre de l'Atlas en Sicile, de Donato S. LA MELA VECA, Salvatore FERRARA et Federico G. MAETZKE,2012

Pavari & DePhillippis, in Forêt méditerranéenne t. XXXIV, n° 1, mars 2013.Pp13, article d'origine : Les reboisements en cèdre de l'Atlas en Sicile de Donato S. LA MELA VECA, Salvatore FERRARA et Federico G. MAETZKE, 2012

QUEZEL P., 1998 : Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : Signification bioclimatique et phytogéographique. Forêt méditerranéenne t. x/x, n° 3, novembre 1998. Pp 243-259

RABHI Khellaf, 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. Thèse Doctorat, Université Abou-Bekr Belkaïd – Tlemcen 215P.

RABHI Khellaf, 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. Thèse Doctorat, Université Abou-Bekr Belkaïd – Tlemcen 215P.

ŠTURSA J, 2001: Arbre et Arbustes à feuilles persistantes, texte de Jan Štursa, illustration de Věra nečová, adaptation française de pierre Bertrand, première édition française 2001, Ed. Gründ.PARIS

TALBI Y. : contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas (*CEDRUS ATLANTICA M.*) dans la région de Batna : cas de la cédraie de Belezma. Mem. Mag., Fac. Scs. Université El hadj Lakhdar Batna.pp 123 P.

TOTH J. 2005 : Le cèdre de France. Étude approfondie de l'espèce. L'Harmattan, Paris.207P.

TOTH J. 1970: Plus que de centenaire et plein d'avenir, le cèdre en France Revue Forestière Française. Vol. XXII, n°3 pp355-364

Autres références :

Jimmy Bourque, Noémie Poulin et Alicia F. Cleaver in Revue des sciences de l'éducation, Volume 32, numéro 2, 2006 Pp :324-344, Art : Évaluation de l'utilisation et de la présentation des résultats d'analyses factorielles et d'analyses en composantes principales en éducation
<https://www.erudit.org/fr/>

Jacques Baillargeon, 2003 L'analyse en composantes principales.site : www.coursum3.org