

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques
et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Écologie Forestière :
Diversité, dynamique et adaptation.

Thème :

Analyse de l'effet de l'année et de l'arbre sur la production de cônes
du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti à Tala-Guilef
(Djurdjura Nord-Ouest).

Présenté par :

M^{elle} TAHANOUT Meriem.

Devant le jury :

Président : M^r AIT SIDHOUM DJ. M.A.A. , U.M.M.T.O.

Promotrice : M^{me} KROUCHI F. M.C.A. , U.M.M.T.O.

Co-promotrice : M^{me} ABDELKRIM N. Magister. , U.M.M.T.O.

Examineurs : M^{me} AMIRAT Y. M.A.B. , U.M.M.T.O.

Soutenu en Septembre 2017

Remerciements

Au terme de ce travail je tien à présenter mes vifs remerciements à :

Notre promotrice M^{me} KROUCHI F., Maitre de conférences à l'U.M.M.T.O., pour

avoir accepté de m'encadrer,

Pour ses orientations, sa présence,

Sa disponibilité, son aide et ses conseils qui m'en été très précieux,

Je lui dois une immense reconnaissance et un très grand respect.

Mr AIT SIDHOUM Dj., Maitre Assistant à l'U.M.M.T.O.,

D'avoir accepté d'être parmi nous et présider le jury.

M^{me} AMIRAT Y., Maitre Assistante à l'U.M.M.T.O.,

D'avoir accepté d'être parmi les membres de jury.

Sans oublier toute l'équipe du laboratoire écologie forestière,

Ainsi que pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin

à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

Mes très chers parents, que Dieu les protège

Ma précieuse grande mère.

Mes très chères sœurs.

Mes très chers frères, leurs femmes et leurs enfants

Mes beaux frères et leurs enfants

Toute la famille.

Touts (es) mes amis(es).

À tous ceux qui me sont chers de près et de loin.

Meriem

Liste des abréviations

| | |
|---------------------------------------|--|
| CR1 : Chemain Royal 1 | PS : Pavillon Sud |
| CR2 : Chemain Royal 2 | PicN : Pic de cedre Nord |
| HzN : Hôtel el Arz Nord | PicS : Pic de Cedre Sud |
| HzS : Hôtel el Arz Sud | RalS : Restaurant d'altitude Sud |
| IB : Ifri Boulman Nord | RalN : Restaurant d'altitude Nord |
| Jma : Djameaa adharchi Sud | RN : Reserve Nord |
| Mf1N : Maison forestier 1 Nord | RS : Reserve Sud |
| Mf2N : Maison forestier 2 Nord | STGN : Source Thala Guilef Nord |
| MfS : Maison forestier Sud | STGS : Source Thala Guilef Sud |
| PN : Pavillon Nord | |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Fig.1 : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord (Source : Derridj, 1990) | 3 |
| Fig. 2 : Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas (photos Amirat et Tahanout, 2017) | 5 |
| Fig. 3 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas selon Derridj (1990) | 7 |
| Fig.4 : Image de localisation de différentes stations étudiées dans la région forestière de Tala Guilef (Amirat).15 | |
| Fig.5 : Nombre de cônes produits par arbre une année sur deux au minimum | 19 |
| Fig. 6 : Illustration du taux de participation des arbres à la production de 2017 dans quelques stations | 21 |
| Fig.7 : Distribution des arbres a production nulle et présente selon les classes des dimensions des tiges | 22 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractères botaniques et biologiques du cèdre de l'atlas (Toth, 2005) | 2 |
| Tableau 2 : Quelques données sur la production de cônes de l'année 2017 et 2018 | 17 |
| Tableau 3 : Distribution des stations selon la production de cônes de 2017 | 17 |
| Tableau 4 : Rapport entre la production minimale et maximale d'un arbre à l'échelle des 2 années successives..... | 18 |
| Tableau 5 : Paramètres statistiques sur la production de cônes par arbre durant deux années | 19 |
| Tableau 6 : Quelques données sur le taux de participation des arbres à la production de cônes en 2017 dans les stations..... | 20 |
| Tableau 7 : Contribution des arbres à la production de cônes en 2017 et 2018 | 20 |

Table de matière

| | |
|--|----|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Aperçu sur l'espèce. | |
| 1. Systématique | 2 |
| 2. Aire de répartition du cèdre de l'Atlas | 2 |
| 2.1. Aire naturelle | 2 |
| 2.2. Aire d'introduction | 3 |
| 3. Caractéristiques dendrologiques du cèdre de l'Atlas. | 3 |
| a. Port | 3 |
| b. Système racinaire | 4 |
| c. Ecorce..... | 4 |
| d. Feuilles | 4 |
| e. Rameaux | 4 |
| f. Organes de reproduction | 4 |
| g. Longévité | 5 |
| 4. Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas | 6 |
| 5. Ecologie du cèdre de l'Atlas | 7 |
| 5.1. L'altitude | 7 |
| 5.2. L'exposition | 8 |
| 5.3. Le climat..... | 8 |
| 5.3.1. La température..... | 8 |
| 5.3.2. La pluviométrie | 9 |
| 5.3.3. Autres facteurs climatiques | 9 |
| a. Le vent | 9 |
| b. L'humidité de l'air | 9 |
| c. Le gel | 9 |
| d. L'enneigement | 9 |
| 5.4. Le substrat | 9 |
| 6. Les formations végétales..... | 9 |
| 7. Les ennemis du cèdre de l'Atlas | 10 |
| 7.1. Les insectes..... | 10 |
| 7.2. Les champignons..... | 10 |
| 7.3. Les Incendies | 11 |
| 7.4. Les Animaux | 11 |
| 7.5. L'homme | 11 |
| 8. Résistance du cèdre à la sécheresse..... | 11 |
| 9. Utilisation du cèdre | 11 |
| Chapitre II : Présentation de la zone d'étude | |
| 1. Localisation de la zone d'étude..... | 13 |
| 2. Géologie | 13 |

| | |
|--|----|
| 3. Pédologie | 13 |
| 4. Végétation | 13 |
| 5. Climat | 14 |
| 5.1. La température | 14 |
| 5.2. Pluviométrie..... | 14 |
| 6. Description des stations étudiées..... | 14 |
| Chapitre III : Matériel et méthodes | |
| 1. Matériel et Méthodes | 16 |
| 2. Comptage des cônes..... | 16 |
| 3. Mesures réalisées | 16 |
| 3.1. Données stationnelles | 16 |
| 3.2. Données dendrométriques..... | 16 |
| 4. Traitement des données..... | 16 |
| Chapitre IV : Résultats et discussion | |
| 1. Résultats | 17 |
| 1.1. Effet de l'année | 17 |
| 1.2. Effet de la station | 17 |
| 1.2.1. Production de l'année 2017 | 17 |
| 1.2.2. Production de l'année 2018 | 18 |
| 1.3. Effet de l'arbre | 18 |
| 1.3.1. Importance de la contribution individuelle | 20 |
| 1.3.2. Relation entre les contributions des arbres et leurs dimensions | 21 |
| 2. Discussions | 23 |
| Conclusion | 24 |
| Références bibliographiques | |

Introduction

Le cèdre de l'Atlas est une espèce emblématique des forêts d'Afrique du nord où il constitue des cédraies de superficies variables au sein des massifs montagneux du Maroc et de l'Algérie.

Les cédraies nord-africaines sont l'objet de diverses pressions anthropiques (feu, coupes, surpâturage, etc.) et la régénération est un processus important pour le maintien de cette espèce au sein de ces forêts.

Le cèdre est un conifère dont la régénération se fait par voie de graines. La production de graines chez cette espèce a été rapportée comme étant fluctuante d'une année à l'autre (Toth, 1978, Derridj, 1990, Krouchi, 2010,) selon les arbres (Toth, 1978 ; Krouchi, 2010) et selon les stations (Toth, 1978, Derridj, 1990, Krouchi, 2010). Ainsi, Krouchi, 2010 a montré un effet de la station, de l'arbre et de l'année sur la reproduction du cèdre à Tala-Guilef. Elle a aussi montré que les dimensions des individus (diamètre et hauteur des tiges) n'expliquent qu'en partie de la variation inter-arbres de la production de cônes.

Dans ce travail nous examinons la variation inter-années, inter-individus et inter-arbres de la production de cônes au sein de 19 stations de la cédraie de Tala-Guilef en complémentarité avec les travaux de Krouchi, 2010, et d'Abdelekrim (magister en cours).

Par rapport aux travaux de Krouchi (2010) nous avons pris en compte les dimensions du houppier (hauteur et diamètre du houppier) et nous avons échantillonné un plus grand nombre de stations et par rapport aux travaux d'Abdelkrim (magister en cours) nous avons analysé la production de 2 autres années au sein de stations différentes.

Le mémoire est organisé comme suit :

Introduction générale ;

Chapitre I : Présentation de l'espèce ;

Chapitre II : Présentation du milieu d'étude ;

Chapitre III : matériels et méthodes ;

Chapitre IV : résultats et discussion ;

Conclusion générale.

Chapitre I

Aperçu sur l'espèce

Le genre *Cedrus*, appartenant à la famille des pinacées, est considéré comme étant le plus ancien après le genre *Pinus* (Gaussen, 1967). Il comprend quatre espèces (Tab.1) qui sont : *Cedru slibani* (cèdre de Liban), *Cedrus brevifolia* (cèdre de Chypre), *Cedrus deodara* (espèce himalayenne) et *Cedrus atlantica* Manetti (Derridj, 1990).

Tableau 1: Caractères botaniques et biologiques du cèdre de l'atlas (Toth, 2005).

Légende : TA=Taille des aiguilles, LC=Longueur des cônes, DC= Diamètre des cônes, LG=Longueur des graines, EG=Envergure des graines, EP=Epoque de pollinisation, D=début et DM=Durée de maturité.

| Espèces | TA (cm) | LC (cm) | DC (cm) | LG (cm) | EG (cm) | EP DM |
|----------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|--------------------|
| <i>C. atlantica</i> | 1- 2.5 | 5 – 8 | 3 – 5 | 0.8 -1.3 | 2.5 - 3.5 | Mi-septembre 2 ans |
| <i>C. libani</i> | 1-3,5 | 8-12 | 3-6 | 1-1,4 | 3,5-4 | Mi-septembre 2 ans |
| <i>C. brevifolia</i> | 0,5-1,5 | 5-10 | 3-6 | 0,8-1,4 | 3-4 | D. septembre 2 ans |
| <i>C. deodara</i> | 2-6 | 7-13 | 5-9 | 1-1,5 | 3,5-4,5 | D. Novembre 1 an |

1. Systématique

Le cèdre de l'Atlas a la systématique suivante :

| | |
|---------------------------|---|
| Règne | Végétale. |
| Embranchement | Spermaphytes. |
| Sous-embranchement | Gymnospermes. |
| Ordre | Conifères. |
| Sous-ordre | Abietales |
| Famille | Pinacées. |
| Genre | <i>Cedrus</i> . |
| Espèce | <i>Cedrus atlantica Manetti</i>. |
| Nom commun | Cèdre de l'Atlas. |
| Nom anglais | Atlas Cedar. |
| Nom arabe | Meddad, ElErz. |
| Nom berbère | Begnoun, inguel. |

2. Aire de répartition du cèdre de l'Atlas

2.1. Aire naturelle

Le Cèdre de l'Atlas est une espèce endémique d'Afrique du Nord et caractéristique des forêts des étages montagnards du Maroc (16 000 ha dans le Rif, 116 000 ha dans les moyen et haut Atlas) et de l'Algérie (quelque 30 000 ha dans les Atlas tellien et saharien) (Fig.1).

En Algérie, selon Abdessemed (1981) la répartition des cédraies est conditionnée par le climat (sec et humide) ce qui nous permet de distinguer deux types:

- ✓ Les cédraies de l'Atlas tellien (humide) se rencontrent dans le massif du Djurdjura (2000 ha à Tala Guilef et Tikjda principalement), des Babors et Tababors (1 300 ha), de l'Ouarsenis (2000 ha à Théniet El Had, Boucaïd, etc.) ainsi que dans les monts Blidéens (1000 ha à Chréa).
- ✓ Les cédraies de l'Atlas saharien (sec), on les retrouve principalement dans les monts du l'Aurès et Bélézma de (17 000 ha) ainsi que dans les monts du Hodna (8 000 ha à Boutaleb).

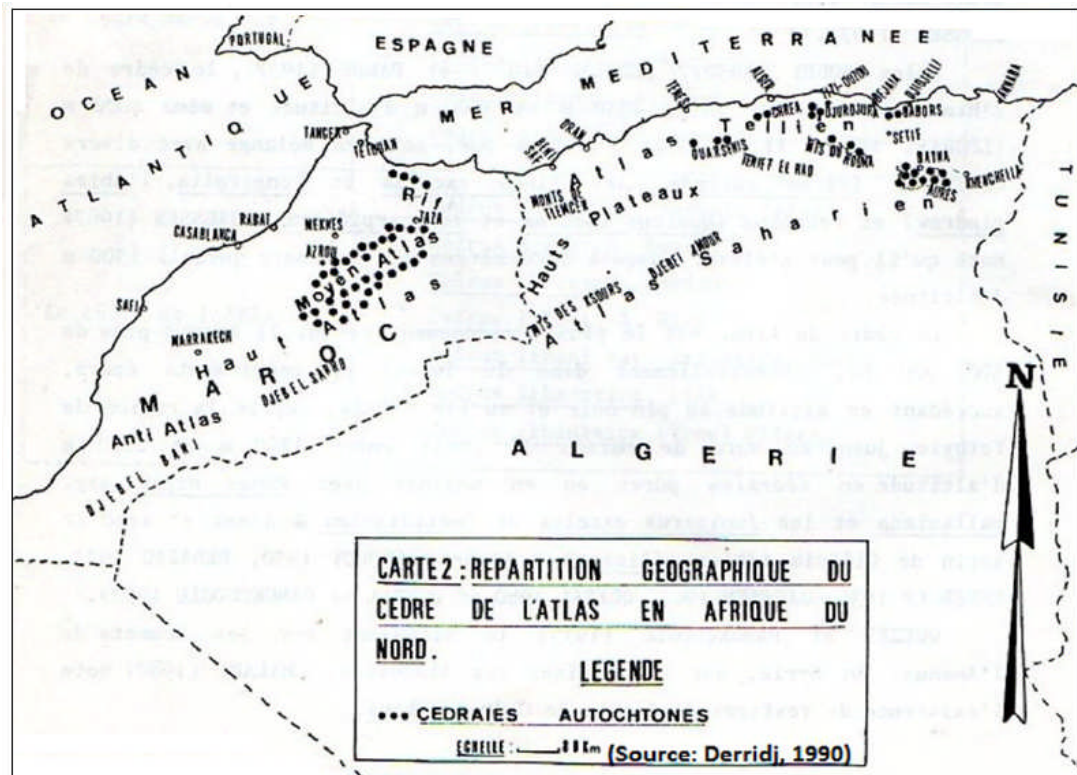


Fig.1 : Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord (Source : Derridj, 1990).

2.2. Aire d'introduction

Le cèdre de l'Atlas a été introduit depuis longtemps dans quelques pays circumméditerranéens, d'abord dans les parcs et jardins comme espèce ornementale et ensuite dans les reboisements forestiers.

La première introduction de l'espèce, en dehors de son aire naturelle 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).

Aussi, Il a été également introduit en Italie en 1864, en Bulgarie 1890, dans quelques états américains : Pennsylvanie, New York, Cote pacifique et dans les régions de l'ex-URSS (Crimée et Caucase (Toth, 2005).

3. Caractéristiques dendrologiques du cèdre de l'Atlas

a. Port

Le cèdre de l'Atlas est un arbre de haute taille, dépassant souvent 50m, Il a un port droit-conique et ou pyramidal à l'état jeune (Boudy, 1952), il prend une forme tabulaire en vieillissant (Debazac, 1964). Son tronc est monopodial, orthotrope, à croissance rythmique (Barthelemy et *al.* 1989 in Sabatier et Barthelemy, 1994). Le diamètre du tronc prend souvent des formes considérables pouvant atteindre 1m (Maire, 1952). La cime est trapue quand l'arbre est isolé et prend une forme tabulaire à un âge avancé (Boudy, 1952).

b. Système racinaire

Le système racinaire est développé, mais rarement pivotant et la stabilité de l'arbre est assurée (Boudy, 1952). Les racines obliques sont très fortes, colonisent les sols profonds et humides (Toth, 1970 in Krouchi, 2010).

c. Ecorce

L'écorce de cèdre de l'Atlas est de couleur grise, de forme écailleuse lisse qui se crevasse avec l'âge (M'hirit, 2006).

d. Feuilles

Les feuilles en forme d'aiguilles aiguës, isolées sur les jeunes rameaux longs et en rosettes sur les rameaux Courts latéraux, persistantes, elles présentent un certain nombre de lignes de stomates sur les trois faces, et elles sont dotée d'un apex pointu (Maire, 1952), gris bleu et vivant généralement 3ans.

La longueur des aiguilles est comprise entre 1 et 2 cm et en moyenne de 25mm (Boudy, 1952), Pour le Djurdjura, elle est en moyenne de 17mm à l'échelle de 30 sujets adultes de la cédraie de Tala Guilef (Debazak, 1964) et de 19.32mm à l'échelle d'un échantillon plus large de 79 arbres de la même cédraie (Krouchi, 2010).

e. Rameaux

Les rameaux ne sont jamais verticillés, ils sont de deux types:

- Les rameaux longs de couleur grise jaunâtre pubescents qui ne poilent que des aiguilles isolées pendant la première année.
- Les rameaux courts trapus, insérés sur les précédents et terminés par un bouquet d'aiguilles très nombreuses et très serrées. Les bourgeons sont petits et écailleux de couleur gris jaunâtre.

f. Organes de reproduction

Le cèdre de l'Atlas est une essence monoïque dont les inflorescences sont portées par des rameaux courts. Les inflorescences mâles portent des chatons de forme ovoïde et de couleur jaune-orangée, apparaissent à mi-juin et achèvent leur maturité vers mi-septembre et les inflorescences femelles plus petites, ovoïdes et vert-bleuâtres, elles se distinguent des chatons mâles 3 mois plus tard (M'hirit, 2006).

• Les chatons mâles

Selon Toth (2005), l'inflorescence mâle se présente en chatons solitaires de 4 à 5 cm de longueur et de 1 cm de diamètre environ à maturité, elles sont de couleur jaune verdâtre.

Le chaton mâle est de forme cylindro-conique, il fait son apparition en Juin de l'année « N » au cœur d'une resette d'aiguilles, vers la mi-septembre de la même année, il arrive à maturité (Derridj, 1990). La production de pollen dépend fortement de l'année, mais aussi de l'arbre, ce qui suggère un contrôle génétique (Pichot et al, 2006 in Chaou, 2012).

• Les inflorescences femelles

L'inflorescence femelle est apparait vers la fin de Août de l'année «N ». Elle est solitaire (Derridj, 1990). Elle est de 1 cm de longueur et quelques millimètres de diamètre avec une couleur vert pâle, ensuite elle se développe en cône (Toth, 2005). Cette inflorescence suit une évolution sur deux années et deux mois, et aboutit à la formation d'un cône mûr qui libèrera ses graines dès que les conditions climatiques seront réunies.

Le cône est cylindrique de 5 à 8 cm de long, vert avant maturité puis brun, il est cylindrique à sommet aplati (Debazac, 1964). Les vieux cèdres sont des porteurs du plus grand nombre de cônes aux graines fertiles. (Toth, 1973).

Selon Derridj (1990), La graine comprend un embryon (cotylédons-tigelle-radicule), un endosperme (réserves nutritives), un tégument (enveloppe de la graine). Elle est marron-roux, subtriangulaire, longue de 10 à 15mm, tendre, très résineuse, à aile large (Poids de 1000 graines : 60 à 100g) (Debazac, 1964). La graine produite par le cône peut être fertile ou stérile.

g. Longévité

La longévité du cèdre de l'Atlas est impressionnante, elle dépasse certainement 600 à 700 ans, on lui attribue 1000 ans et plus. Il peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (Boudy, 1952).



Fig. 2 : Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas (cliché : Amirat Y et Tahanout M, 2017).

4. Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas

Le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas, 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, 2000).

Selon Derridj (1990), L'inflorescence femelle suit une évolution sur deux ans et deux mois, et aboutit à la formation d'un cône mûr qui libère ses graines dès que les conditions climatiques sont favorables. Le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas se résume comme suit (fig.3):

✓ Année N

Vers la fin du mois d'Août, l'apparition de l'inflorescence a lieu, durant le mois septembre de l'année l'inflorescence se développe et se transforme en un cônelet ovoïde, à écailles ouvertes vers la mi-septembre. Le chaton déjà apparu au début du mois de juin, atteint sa maturité et libère son pollen à la mi-septembre. La pollinisation aura lieu la même année N, et le chaton se détache de son rameau.

✓ Année (N+1)

Après fécondation, le cône croît rapidement du mois de juin au mois de septembre de l'année (N+1), et lentement de septembre à mars, tout en changeant de couleur, vert, violet, pour atteindre sa maturité morphologique en couleur marron, et une taille définitive vers le mois de mars de l'année (N+1). A la fin de la même année, les cônes ne contiennent plus que 20 % d'eau, les graines sont déjà formées (Derridj, 1990).

✓ Année (N+2)

Après la maturité morphologique et physiologique des cônes, ils imbibés d'eau sont souples et leurs écailles sont complètement ouvertes au mois d'octobre de l'année (N+2). A la mi-novembre de l'année (N+1) se produit la désarticulation des cônes sous l'effet de l'humidité et la dissémination naturelle des graines peut durer jusqu'au mois d'Avril de la même année si l'hiver est doux.

Les graines sont disséminées par le vent sur une distance de 20 à 50 m et se répartit d'une façon homogène dans toutes les directions spatiales (Toth, 1973 in Azzahiri et Belghzi, 2000). Les rachis demeurent longtemps sur les rameaux (Toth, 2005).

D'après Derridj (1990), La germination est un événement qui marque la transition d'une vie latente de la graine à un état actif. Pour germer, la graine de cèdre a besoin de la lumière, d'une humidité modérée, d'oxygène et de certaines conditions thermiques. Selon Lepoutre (1963), la température maximale journalière avoisine les 10 °C pendant 7 à 10 jours, la graine du cèdre ne peut pas germer.

L'installation de la plantule du cèdre de l'Atlas dépend de la température, de l'humidité de la station, des caractéristiques physiques du substrat, des précipitations et du couvert végétal (Derridj, 1990), selon Boudy (1952), la présence d'un tapis herbacé peut provoquer une concurrence vitale avec les jeunes semis et l'absence de ce concurrent est favorable pour l'installation et le maintien des semis et donc pour une meilleure régénération du cèdre.

En Algérie, la régénération naturelle est exposée à une série de facteurs tels que : les pâturages, le développement de la couche herbacée, le manque d'humidité et les futaies vieillissantes (Boudy, 1952).

Toth (1980) affirme que la plupart des cédraies sont localisées dans des conditions climatiques défavorables (Aurès), dont la régénération est confrontée à d'énormes difficultés (succession d'année de sécheresse).

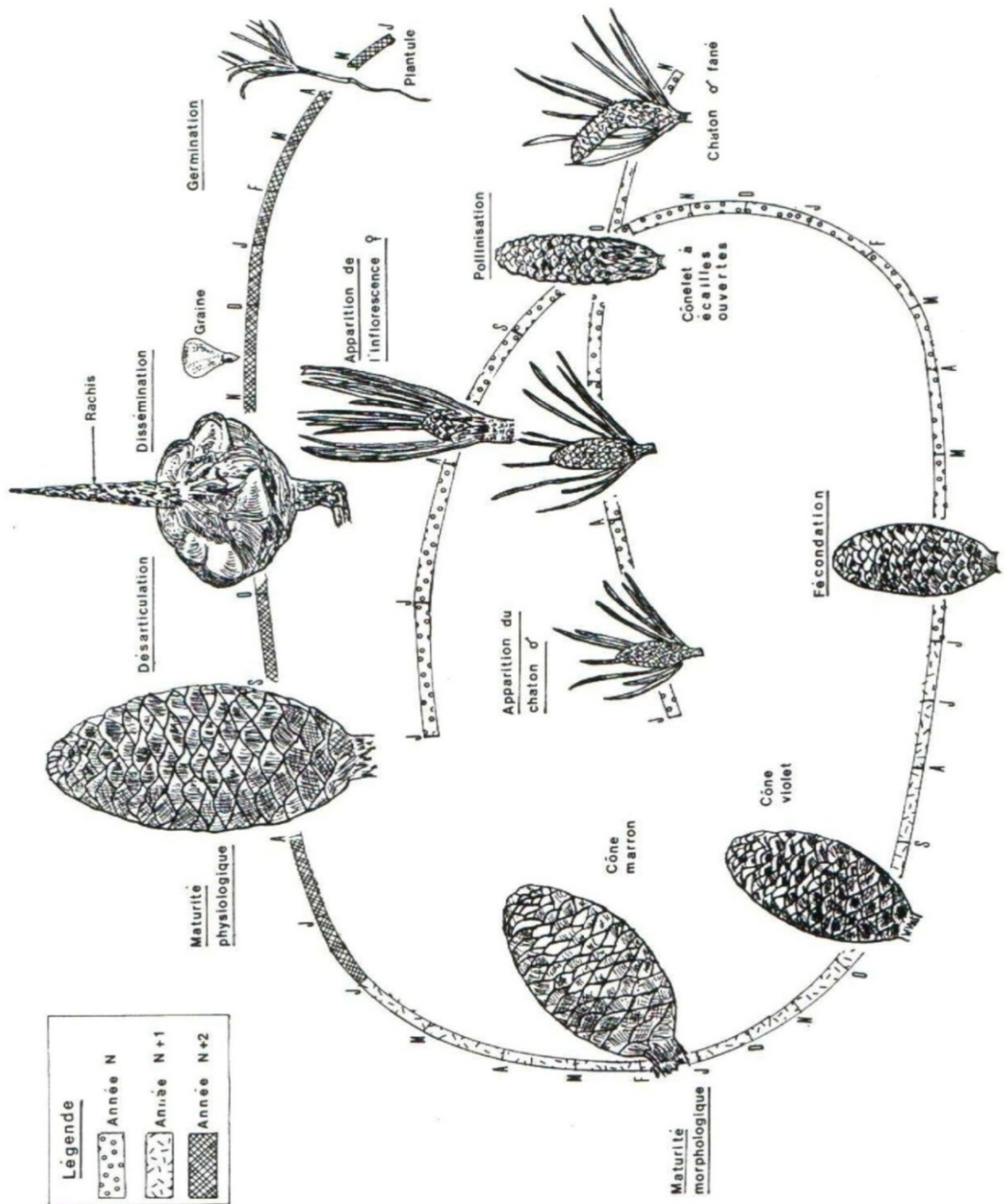


Fig. 3 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas selon Derridj (1990).

5. Ecologie du cèdre de l'Atlas

5.1. L'altitude

Dans son aire naturelle, le cèdre de l'Atlas est considéré comme une essence montagnarde. Il s'est adapté au climat froid des montagnes du Maghreb (Quézel, 1978). Il se trouve en Algérie et au Maroc généralement entre 1200 et 2000 m d'altitude, bien qu'au Maroc, il peut monter jusqu'à 2700-2800m (Emberger, 1935 ; Quézel, 1978). Mais au-delà de 2300 m, le cèdre est toujours dominé ou remplacé par le genévrier thurifère (Emberger, 1930).

D'après Abdessemed (1981), En Algérie, le cèdre de l'Atlas commence à apparaître vers 1400m dans l'Aurès et Theniet El Had (Boudy, 1950), il peut même apparaître vers 1300m au Chréa (Boudy, 1950). Par contre sa limite supérieure peut aller jusqu'à 2200 m au Chélia (Abdessemed, 1981), mais il peut aussi descendre plus bas à Tala Guilef jusqu'à 900m et en mélange avec le chêne vert vers 1200m.

Selon M'Hirit (1982), au Maroc, le cèdre de l'Atlas se trouve à partir de 1500m sur le Rif, 1600m sur le moyen Atlas et 1700 m sur le haut Atlas oriental. Boudy (1952), souligne que sa limite supérieure peut aller jusqu'à 2600 m ou 2800 m.

5.2. L'exposition

L'exposition joue un rôle très important dans la répartition des précipitations et des températures, en effet, les versants Nord sont plus humides par rapport aux versants Sud. On rencontre de ce fait les plus belles cédraies sur les versants nord. Leur limite inférieure est plus basse que celle de l'exposition sud. Cette dénivellation est due à la variation d'humidité (Emberger, 1938).

En Algérie, les vents dominants sont de direction nord ouest, ce qui fait que ces deux versants sont exposés à une pluviométrie plus importante que les versants sud qui sont exposés aux vents chauds et secs (Sirocco) et à un ensoleillement quasi permanent.

Au Maroc, la plupart des cédraies sont localisées dans l'étage humide. Elles sont toutes exposées aux vents d'Ouest chargés d'humidité (M'hirit, 2006).

5.3. Le climat

Le cèdre de l'Atlas est une espèce pouvant se développer dans des conditions climatiques variées. Parmi les divers facteurs climatiques qui ont un rôle déterminant pour la survie du cèdre, nous pouvons citer la température et les précipitations.

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 (Amirat, 2016). Il se trouve dans divers étages bioclimatiques.

Selon Abdessemed (1981), du point de vue bioclimatique, les cédraies en Algérie vont du semi-aride supérieur froid à l'humide froid et se répartissent comme suit:

- ✓ Semi-aride à hiver froid : Boutaleb (Hodna), Chélia et Djebel Azreg (Aurès).
- ✓ Subhumide à hiver frais à froid : Theniet El Had (Ouarsenis), nord du Belezma.
- ✓ Humide et perhumide, frais à froid : Monts du Djurdjura, Babors, Chréa (Atlas Blidéen).

5.3.1. La température

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.

La germination et la croissance du cèdre de l'Atlas s'effectue sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14° C (Boudy, 1950).

Le cèdre de l'Atlas dans son aire naturelle, il résiste à des extrêmes de températures pouvant aller de -25 °C à + 35 °C (Putod, 1979 *in* Abdesselmed, 2010). Le cèdre résiste à des extrêmes de températures pouvant aller de -20° C à + 39° C. Les cédraies du pourtour méditerranéen subissent un climat présentant un à trois mois biologiquement secs dans l'année (sécheresse estivale ; $p \text{ (mm)} < 2T \text{ } ^\circ\text{C}$) (Quézel, 1976 *in* Krouchi, 2010).

5.3.2. La pluviométrie

Le cèdre de l'Atlas se développe dans une tranche pluviométrique qui varie entre 500 mm/an et 1700 mm/an.

Selon Derridj (1990), 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.

5.3.3. Autres facteurs climatiques

a. Le 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 (Nait Abdelaziz et Challal, 2011).

b. L'humidité de l'air

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

c. Le gel

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.

d. L'enneigement

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.

5.4. Le substrat

Les cédraies du circumméditerranéen sont localisées essentiellement sur des substrats calcaires (Quézel, 1980). Le cèdre de l'Atlas se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des schistes, des grès, des basaltes, de la dolérite, des marno-calcaires, des marno schistes, des dolomies et des calcaires dolomitiques, au Maroc ; et sur des grès blancs, des dolomies, des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des marnes en Algérie (Amirat, 2016). Il préfère les sols profonds, meubles et caillouteux, et les textures légères semblent prisées par les jeunes semis (Pradal, 1979).

6. Les formations végétales

Boudy (1950), signale que les cédraies se présentent sous forme de futaie dense affectant deux types de faciès relativement différents :

✓ **Le faciès humide** : Les arbres caractéristiques de cette association sont :

L'érable de Montpellier (*Acer monspesulanum*), Le petit houx (*Ilex aquifolium*), Le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), L'if (*Taxus baccata*), Le lierre (*Hedera helix*), Le sapin de Numidie (*Abies numidica*), Le peuplier tremble (*Populus tremula*), Le genévrier commun (*Juniperus communis*).

✓ **Le faciès sec** : Les arbres caractéristiques de cette formation sont :

L'érable de Montpellier (*Acer monspesulanum*), Le chêne vert (*Quercus rotundifolia*), Le pin d'alep (*Pinus halepensis*), L'if (*Taxus baccata*), Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*).

7. Les ennemis du cèdre de l'Atlas

7.1. Les insectes

D'après Mouna (1994) in Slimani (2014), On a trois catégories d'insectes: les insectes phyllophages, les insectes xylophages et les insectes des fleurs et des graines.

Les insectes phyllophages s'attaquent aux aiguilles du cèdre de l'Atlas provoquant de fortes défoliations. Dans cette catégorie nous citons la processionnaire du cèdre (*Thaumetopoea abonjeani*), la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) (Mouna et Fabre, 2005 in Talbi, 2010), le puceron du cèdre (*Cedrobium laportei*), la tordeuse du cèdre du Liban (*Acleris undulana*) et les tordeuses d'Algérie (*Epinotia algeriensis* et *Dichelia numidicola*) (El Yousfi, 1989 ; Demolin, 1994 ; Fabre *et al.*, 1999).

Les insectes xylophages s'attaquent au cèdre de l'Atlas appartiennent aux ordres des Coléoptères ; Scolytidae (*Cryphalus piceae* : les plus abondantes et les plus nuisibles dans toutes les cédraies de l'Atlas), Buprestidae, Cerambycidae (*Callidium cedri* et *Semanotus russica algerica* : sont des ravageurs secondaires qui attaquent le cèdre en cours de dépérissement), Bostrychidae (*Bostrychus fucus bicolor* et *Stephanopachys squadraticollis*) et des Hyménoptères ; Siricidae (*Urocerus augur* : Cette espèce provoque des dégâts sur le cèdre en creusant des galeries circulaires très profondes dans le bois.) (Fabre *et al.*, 1999).

De nombreux insectes s'attaquent aussi aux organes reproducteurs et aux graines du cèdre de l'Atlas. Parmi eux, deux Lépidoptères de la famille des Pyralidae (*Dioryctria peyerimhoffi*, *Dioryctria peltieri*) (Mouna, 1994 ; Mouna et Fabre, 2005 in Talbi, 2010) et un Diptère (Chlorophidae, *Hapleginellalae vifrons*), sur les cônes du cèdre. Des Hyménoptères (*Megastigmus pinsapinis* : insecte parasite de la graine en particulier durant les années de faible production) (Toth, 1978).

7.2. Les champignons

Parmi les champignons qui causent des dégâts redoutables au cèdre on cite :

- ✓ *Trametes Pini*, ou pourriture rouge du cèdre, est un Basidiomycète de la famille des polyporacées.
- ✓ *Ungulina officinalis* est un polypore connu sous le nom de pourriture brune ou prismatique.
- ✓ *Polyporus officinalis* : cause des altérations plus au moins graves au cèdre (Boudy, 1952).
- ✓ *Armillaria milla* : champignon qui attaque surtout les racines et le tronc, ce champignon se développe surtout sur les arbres affaiblis par une cause quelconque (Boudy, 1952).

7.3. Les Incendies

De toutes les espèces qui composent la forêt méditerranéenne, le cèdre est le moins inflammable et le moins combustible. En peuplement dense, le cèdre élimine toute végétation herbacée, de ce fait il est peu propice au feu (Boudy, 1950).

7.4. Les Animaux

En plus les insectes, les champignons, les incendies, on peut citer le sanglier comme un animal qui endommage la régénération naturelle du cèdre par son mode de nourriture et notamment par le piétinant et qui se fait particulièrement sous couvert. Le singe Magot (*Macaca sylvanus*) provoque aussi par fois des dégâts sur le cèdre en écorçant les arbres et en se nourrissant des nouvelles pousses de l'année.

Le bétail (surtout le Bovins) lâché en liberté dans la forêt cause lui aussi de terribles dégâts par leur empiètement qui compacte le sol (Mazirt, 1991 ; Belkhiri, 1993 in Bared, 2016). Les jeunes cèdres n'échappent pas à leur tour à la dent du bétail, qui en broute les parties terminales vertes. De tels arbres, même s'ils grandissent donneront des individus avec des paramètres dendrométriques en dessous de la moyenne (faible production, hauteur insuffisantes) (Bnef, 1985 in Bared, 2016).

D'une manière générale, le pacage incontrôlé constitue l'une des principales causes de la destruction de l'écosystème forestier.

7.5. L'homme

L'action de l'homme se manifeste par des coupes, des ébranchages et des défrichements. Les branches d'arbres sains sont coupées par les riverains pour leurs besoins quotidiens en bois (constructions des habitations, .. etc.) et pour le nourrir le bétail pendant la mauvaise saison. Cette pratique conduit à la mort des cèdres à cause du déséquilibre physiologique qui survient suite à la diminution de la biomasse aérienne par rapport à celle du système racinaire.

8. Résistance du cèdre à la sécheresse

La résistance à la sécheresse chez le cèdre réside dans son développement racinaire profond et rapide (Grieu et Aussenac, 1988).

D'après Ducrey (1993), L'adaptation du cèdre de l'Atlas à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospecter le sol en profondeur, ce qui explique le relativement bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels mais fissurés. Le cèdre résiste à des stress hydriques très importants.

9. Utilisation du cèdre

Selon Toth (1980) le cèdre est une essence capable de remplir plusieurs rôles à la fois et ça malgré les conditions écologiques souvent difficiles et la surface restreinte qu'elle occupe.

- ✓ La qualité du bois du cèdre est supérieure à celle de tous les pins dans le méditerrané, Elle lui assure toutes sortes d'utilisations, fabrication de chalets de montagne, menuiserie, charpente poteaux, placage intérieur, meubles rustiques les produits d'éclaircie peuvent être utilisés également en papeterie, mélanges en faible quantité avec pins (M'hirit, 2006). Il peut même fournir de la térébenthine (Becker et al, 1983 in Beloula, 2010).
- ✓ Il sert également à la fabrication des sarcophages et du cercueil de certains papes (De Vilmorin, 2003 in Beloula, 2010).

- ✓ Le cèdre de l'Atlas bénéficie d'une grande facilité de régénération naturelle dans les étages de chênevert en Afrique du Nord et chêne pubescent en France, assurant ainsi la pérennité des peuplements et permettant des reboisements économiques par point d'appui (M'hirit et Benzyane, 2006).
- ✓ Protection contre l'incendie, feuillage peu inflammable (Alexandrian et Gouiran, 1992 ; Aussenac, 1981), avec l'élimination de la végétation herbacée très inflammable (Toth, 1990).
- ✓ Maintient d'un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol (Toth, 1990).

Toutes ces qualités d'adaptation a priori aux conditions climatiques, édaphiques de la zone méditerranéennes et justifie donc son utilisation importante en reboisement (Toth, 1990).

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

1. Localisation de la zone d'étude

Tala Guilef en berbère signifie : source du sanglier et correspond à une source retrouvée dans cette forêt nommée ainsi par extension (krouchi, 2010).

La forêt La cédraie de Tala Guilef est située sur le versant Nord occidentale du massif montagneux du Parc National du Djurdjura, à environ 40km à vol d'oiseau de la mer et distante d'Alger à 145km environ. Elle se localise entre les deux wilayas ; Bouira au Sud et la daïra de Boghni (wilaya de Tizi-Ouzou) au Nord. (Messaoudi, 2012).

D'après Quezel (1957) in Amirat (2016), 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).

Selon Abdelli (2011), Tala-Guilef comprend deux ensembles topographiques :

- ✓ La moyenne montagne dont l'altitude est comprise entre 900et 1500m ;
- ✓ La haute montagne qui débute à 1500m et dont les sommets peuvent atteindre 2164m Djebel Thachgagalt.

Selon Derridj (1990), La cédraie de Tala Guilef est la plus dense et la plus importante se trouve de part et d'autre de la ligne de crête de Tala 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 de là de 2000m sur le plateau du mont de Hizer.

2. Géologie

Le calcaire est l'un des principaux faciès que l'on trouve au Djurdjura. Il présente une grande résistance à l'érosion linéaire ; cependant, il est fortement karstifié, (krouchi, 2010).

3. Pédologie

Un substrat essentiellement siliceux caractérise la région de Tala-Guilef ce qui donne naissance à des sols humifères bruns dans les formations fermées. Un sol plus pauvre est présent sur substrat calcaire caractérisé par une importante quantité d'éléments grossiers (cailloux et sables) dans les pelouses culminales au pied du Haïzer. En exposition Sud, sous la Cédraie, la texture est limono-sableuse (Bellahcène et Bensaad, 1989 in Bouhraoua, in 1992, Abdelli, 2011).

4. Végétation

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, (Amirat, 2016).

Nous avons des formations végétales selon les étages altitudinaux suivants :

- ✓ À moins de 900m d'altitude nous avons un étage du chêne liège (*Quercus suber*), Cette formation est en exposition Nord-Ouest. C'est une formation dégradée.

- ✓ De 900 à 1100m d'altitude, nous avons une futaie de chêne vert en mélange avec l'érable (*Acer*). Quelques pieds de Cèdre apparaissent ainsi que quelques pieds de *Quercus faginea* dispersés.
- ✓ De 1300m à 1450m d'altitude nous avons un étage de cèdre à structure complexe et mixte.
- ✓ De 1300m à 1450m d'altitude nous avons un étage de cèdre à structure complexe et mixte. Il est en mélange avec le chêne vert en accompagnement d'un sous-bois : *Artemisia absinthium*, *Rosa canina*, *Berberis hispanica*, *Juniperus oxycedrus*, *Cytisus triflorus* et *Ilex aquifolium*, dispersés et quelques pieds de *Taxus baccata*.
- ✓ De 1450m à 1800m d'altitude, nous avons une cédraie pure constituant une futaie dense. Dans le versant nord les tiges du cèdre sont plus droites et plus élancées, dans le versant sud elles sont moins hautes avec un tronc ramifié.
- ✓ Le pic du cèdre est situé à 1874m d'altitude, (Abdelli, 2011).

5. Climat

L'étude climatique est basée sur des données météorologiques (températures et précipitations), vu le problème du manque des stations météorologiques en haute montagne tel le Djurdjura, les données climatiques sont très rares.

5.1. La température

La température constitue un facteur écologique limitant important, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux (Derridj, 1990).

Seltzer (1946) in Bouheraoua (1992), une réduction de 0,4°C par 100m d'élévation en altitude pour la moyenne des minimas, et de 0,7°C pour les moyennes des maximas.

5.2. Pluviométrie

La pluviométrie est bien connue d'un point de vue climatique que les précipitations englobent la pluie, la rosée, la gelée, le givre et la glace. Mais parmi ces paramètres, ce sont les précipitations liquides (pluie) qui sont les plus couramment mesurées. C'est pour cela que les études climatiques, surtout en Algérie où nous sommes confrontés au manque de stations météorologiques équipées, reposent sur les mesures de précipitations (pluviométrie). Ces dernières déterminent la répartition des végétaux (Derridj, 1990).

D'après Seltzer (1946) in Derridj (1990), la hauteur de pluie augmente de 80mm par élévation de 100m. Le régime pluviométrique saisonnier au niveau de Tala Guilef est marquée par un régime saisonnier de type HPAE (hiver, printemps, automne et été).

6. Description des stations étudiées

Les 19 stations échantillonnées sont situées au niveau de la région forestière de Tala Guilef, Elles sont réparties en fonction des paramètres stationnels comme suit :

- ✓ Selon l'altitude :
 - Cédraie de basse altitude (1200-1400m) : nous avons 4 stations ; station Djamaa Adherchi, station Ifri Boulmane, station Pavillon Nord et station Pavillon Sud.
 - Cédraie de moyenne altitude (1400-1600m) : représentées par 11 stations ; station Reserve Nord, station Reserve Sud, station Hôtel El Arz Nord, station Hôtel El Arz Sud, station

Source Tala Guilef Sud, station Source Tala Guilef Nord, station Maison forestier1 Nord, station Maison forestier2 Nord, station Maison forestier 2 Sud, station Chemin Royal1 Nord-Est et station Chemin Royal 2.

- Cédraie de haute altitude ($\geq 1600m$) : représentées par 4 stations ; station Restaurant d'altitude Sud, station restaurant d'altitude Nord, station pic des cèdres Nord et station pic des cèdres Sud.
- ✓ Selon l'exposition : nous avons 12 stations à l'exposition Nord et 7 stations au Sud.
- ✓ Selon le recouvrement : représentées par 2 stations entre 25 - 50% et 17 stations entre 50 - 75%.
- ✓ Selon la pente du terrain, nous avons ; 2 stations ont une pente modérées de 16 à 30%, 3 stations ont pente forte de 31 à 40 % et 14 stations ont une pente excessive de 41 et plus.
- ✓ Selon le type de formation végétal : 10 stations des cédraies mixtes et 9 stations des cédraies pures.



Légende :

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| St1: Ifri bouلمان Nord. | St7: source Tala Guilef Nord. | St12: Restaurant d'altitude Sud. | St15: Hôtel el Arz Sud. |
| St2: Chemin Royall. | St8: source Tala Guilef Sud. | St13: Restaurant d'altitude Nord. | St16: Djemaa adharchi Sud. |
| St3: Chemin Royal2. | St9: Hôtel el Arz Nord. | St14: Reserve Sud. | St17: Pic des Cèdres Sud. |
| St4: Maison forestier1 Nord. | St10: Pavillon Nord. | | St18: Pic des Cèdre Nord. |
| St5: Maison forestier2 Nord. | St11: Pavillon Sud. | | St19: Reserve Nord. |
| St6: Maison forestier Sud. | | | |

Fig.4 : Image de localisation de différentes stations étudiées dans la région forestière de Tala Guilef (Tahanout M, 2017).

Chapitre III

Matériel et méthodes

1. Méthode d'échantillonnage

La méthode qui a été appliquée dans cette étude est celle de l'échantillonnage aléatoire stratifié. L'échantillonnage a été effectué dans 19 stations à Tala Guilef en mois de mai 2017, les stations ont été délimitées par des quadrats de 25 x 25m (625m²). Elles sont composées essentiellement de cèdre, mélangé au chêne vert.

2. Comptage des cônes

Le comptage des cônes sur les arbres du Cèdre de l'Atlas au niveau de Tala Guilef a été effectué station par station, arbre par arbre, aussi de l'année n et de l'année n+1.

3. Mesures réalisées

Lors de nos sorties sur le terrain, nous avons noté pour chaque station les données stationnelles et dendrométriques :

3.1. Données stationnelles

- ✓ l'altitude a été 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.
- ✓ Le type de formation végétal est apprécié visuellement (des cédraies pures ou mixtes avec le chêne vert).

3.2. Données dendrométriques

Les mesures effectuées sont:

- ✓ **La hauteur de l'arbre (m):** mesurée à l'aide du VERTEX III 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 coulisse et d'un ruban mètre pour les semis.
- ✓ **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.

4. Traitement des données

Après avoir obtenu les résultats des différents paramètres mesurés, le traitement statistique des données a été effectué à l'aide d'Excel et obtenir pour chaque paramètre statistique la moyenne, le maximum, le minimum et le coefficient de variation.

Chapitre IV

Résultats et discussions

1. Résultats

1.1. Effet de l'année

Sur l'ensemble des 547 individus évalués pour leur production de cônes durant deux années successives, il apparaît que la production de 2017 est supérieure à celle de 2018 avec un total de 10226 cônes produits durant l'année précédente et 732 cônes produits durant l'année suivante (tableau 2). Ce qui indique une alternance dans la production de cônes.

Tableau 2 : Quelques données sur la production de cônes de l'année 2017 et 2018.

| année | Nombre total de cônes par station | Intervalle du nombre total de cônes par station | Nombre de stations avec une production les deux années |
|-------|-----------------------------------|---|--|
| 2017 | 10226 | 17 - 2335 | 4 |
| 2018 | 732 | 25 - 550 | |

1.2. Effet de la station

1.2.1. Production de l'année 2017

A l'échelle des 19 stations échantillonnées, il ressort une variabilité de la production de cônes en 2017 qui est absente dans 4 d'entre elles et présente dans les autres (voir tableau 3).

Tableau 3: Distribution des stations selon la production de cônes de 2017.

| Classes du nombre de cônes produits | Nombre de stations |
|-------------------------------------|--------------------|
| 0 | 4 |
| ≤100 | 3 |
|] 100-1000] | 7 |
| >1000 | 4 |

Pour les stations où il ya eu production de cônes, la production maximale en 2017 a atteint 2335 cônes au niveau de la station « source Tala-Guilef sud », suivie de celle de « Djemaa adhardchi nord » avec 2152 cônes puis de celle de « Tala-Guilef nord » avec 1691 cônes, et enfin de celle de « l'hôtel el Arz nord ouest » avec 1310 cônes.

Dans ces 4 stations où le nombre total de cônes produits a dépassé le millier, le nombre moyen de cônes produit par arbre est de 292, 239, 154 et 94 respectivement pour les 4 stations mentionnées.

En ce qui concerne les paramètres du milieu (recouvrement, pente, orientation, type de couvert), ces stations appartiennent à la cédraie mixte et se répartissent dans une tranche altitudinale de 1287 à 1487m, des pentes de 15 à 68% et un recouvrement de 25-60%.

En ce qui concerne les productions totales comprises entre 100 et 1000 cônes, elles ont été enregistrées dans 7 stations qui sont : Pavillon nord (737cônes), maison forestière (388 cônes) restaurant d'altitude (297 cônes), Ifri Boulman (263 cônes), Pic des cèdres nord (254 cônes) chemin royal (200 cônes) et maison forestière nord (140 cônes). Ces 7 stations se répartissent en 3 pures et 4 mixtes ; elles ont des pentes allant de 25 à 65%, un recouvrement allant de 25 à 75% et occupent une tranche d'altitude allant de 1300 à 1763m.

Concernant les productions totales inférieures à 100 cônes, elles ont été observées dans les 3 stations suivantes : Maison forestière nord (70 cônes), Réserve sud (64 cônes), Pavillon sud (17 cônes) sur une tranche d'altitude de 1388 à 1576m.

Les stations sans production en 2017, sont localisées au nord pour 03 d'entre elles et au nord-est pour une 01 d'entre elles. Ces stations sont les suivantes : aval du chemin royal, Hôtel al Arz nord restaurant d'altitude nord, amont de la réserve nord.

1.2.2. Production de l'année 2018

La production de l'année 2018 n'a concerné que 4 stations parmi les 19 échantillonnées. Ces stations sont : Djemaa adharchi nord, Hôtel el Arz sud, réserve sud et pic des cèdres nord. Dans ces stations, il ya eu production de cônes durant deux années successives. Toutefois, comme il a été dit plus haut, la production de l'année précédente (i.e. 2017) est supérieure à celle de l'année suivante (i.e. 2018).

Parmi ces stations, les deux, i.e. Djemaa adharchi nord et Hôtel el Arz sud sont parmi celles où ont été assurées les 4 contributions les plus élevées de l'ensemble de l'échantillon en 2017. Dans ces deux stations, deux générations de cônes ont été trouvées sur les arbres bien qu'avec une nette supériorité de la production de 2017.

La production totale de cônes par station pour l'année 2018 varie entre un minimum de 25 et un maximum de 550 cônes. Le nombre total de cônes produits par station est inférieur à 100 cônes pour 3 d'entre elles et de plusieurs centaines pour 01 d'entre elles.

Pour ce qui est des paramètres du milieu, ces stations appartiennent à la cédraie mixte pour 3 d'entre elles et à la cédraie pure pour la 4^{ème}. Leur recouvrement varie de 25 à 50%, leur pente de 15 à 70% et leur tranche d'altitude de 1287 à 1743m.

1.3. Effet de l'arbre

Sur les 547 individus évalués à l'échelle des 19 stations, nous avons constaté que seuls 81 ont participé à la production 2017 contre 8 ayant participé à celle de 2018.

En ce qui concerne la participation commune aux deux années, elle n'a concerné que 7 individus contre 74 individus n'ayant participé qu'à la production de 2017 et 01 individu n'ayant participé qu'à celle de 2018.

Parmi les 7 arbres ayant participé durant les deux années successives, 6 ont assuré une production plus élevée en 2017 et un seul le contraire indiqué sur le tableau 3 par un astérisque.

Selon les individus, la production de 2018 représente entre 1 et 88,61 % de celle de 2017 (tableau 4). Ce qui montre une contribution individuelle différente d'une année à l'autre.

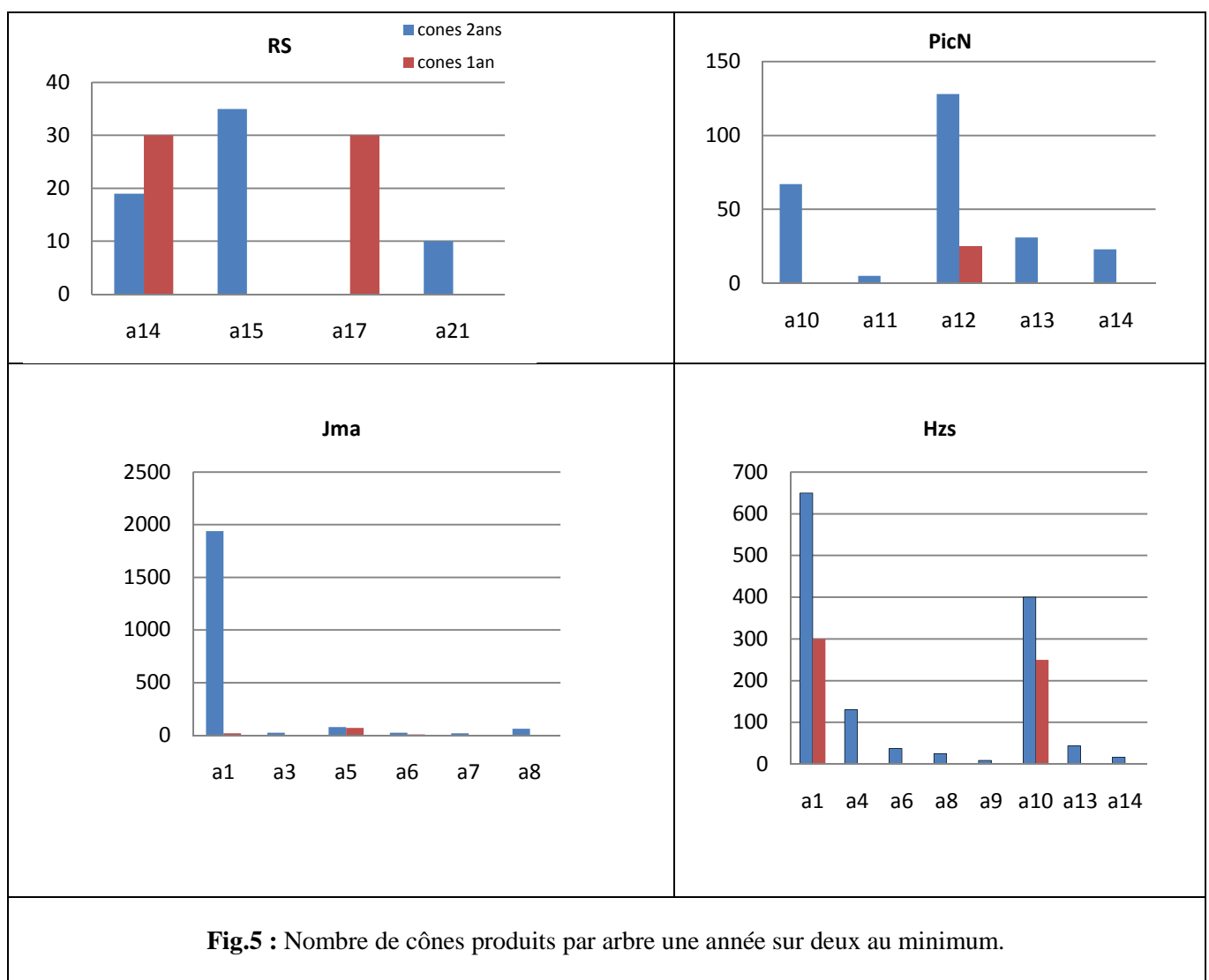
Tableau 4 : Rapport entre la production minimale et maximale d'un arbre à l'échelle des 2 années successives.

| station | Année 2017 | Année 2018 | Rapport entre la production minimale et maximale d'un arbre à l'échelle des 2 années |
|-----------------------|------------|------------|--|
| Réserve sud | 19 | 30 | 63,33 * |
| Hotel el arz sud | 650 | 300 | 46,15 |
| | 400 | 250 | 62,50 |
| Djemaa adhardchi nord | 1940 | 20 | 1,03 |
| | 79 | 70 | 88,61 |
| | 25 | 7 | 28,00 |
| Pic des cèdres nord | 128 | 25 | 19,53 |

Les contributions individuelles au sein d'une station sont variables (tableau 5 et fig.5). La production moyenne par arbre est de 131 et 32 cônes respectivement en 2017 et 2018. Ces moyennes diminuent à 16.52 et 1.18 respectivement quand on prend en considération les productions nulles.

Tableau 5 : Paramètres statistiques sur la production de cônes par arbre durant deux années.

| année | Sans considération des productions nulles | | En tenant compte des productions nulles | |
|-------|---|----------------------|---|----------------------|
| | Nombre moyen de cônes/arbre | intervalle par arbre | Nombre moyen de cônes /arbre | Intervalle par arbre |
| 2017 | 131 | 4 - 1940 | 16,52 | 0 - 1940 |
| 2018 | 32 | 7- 300 | 01,18 | 0 - 300 |



1.3.1. Importance de la contribution individuelle

Le taux de participation des arbres est variable d'une année sur l'autre mais aussi d'une station à l'autre (tableau 6 et figure 6). Dans certaines stations, jusqu'à 85 % la production de 2017 a été assurée par un seul arbre alors que dans d'autres, elle est répartie entre plusieurs arbres.

Tableau 6 : Quelques données sur le taux de participation des arbres à la production de cônes en 2017 dans les stations.

| station | Nombre d'arbres ayant participé | Taux maximum de contribution individuelle à la production totale (%) | Nombre total de cônes produits |
|-----------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|
| Ifri Boulman N | 4/7 | 59 | 263 |
| Chemin Royal 2 | 2/10 | 85 | 200 |
| Maison forestier 1N | 2/57 | 64 | 140 |
| Maison forestier 2N | 2/11 | 71 | 70 |
| Maison forestier S | 6/33 | 39 | 388 |
| Source Tala-Guilef N | 9/11 | 18 | 1691 |
| Source Tala-Guilef S | 7/8 | 18 | 2335 |
| Pavillon N | 6/35 | 89 | 737 |
| Pavillon S | 1/3 | 100 | 17 |
| Restaurant Altitude S | 9/38 | 40 | 297 |
| Réserve S | 3/76 | 55 | 64 |
| Hôtel el Arz S | 8/14 | 50 | 1310 |
| Djemaa adharchi | 6/9 | 90 | 2152 |
| Pic des cèdres N | 5/35 | 51 | 254 |
| Pic des cèdres S | 11/19 | 23 | 308 |

Tableau 7 : Contribution des arbres à la production de cônes en 2017 et 2018.

| station | Année 2017 | | | Année 2018 | | | Nombre d'arbres participant en 2017 | Nombre d'arbres participant en 2018 | Nombre d'arbres participant en 2017 & 2018 |
|---------|--|---|--------------------------------|--|---|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | Nombre d'arbres participants /total d'arbres | Taux maximum de participation individuelle à la production totale (%) | Nombre total de cônes produits | Nombre d'arbres participants /total d'arbres | Taux maximum de participation individuelle à la production totale (%) | Nombre total de cônes produits | | | |
| RS | 3/82 | 55 | 64 | 2/82 | 50 | 60 | 2 | 1 | 1 |
| HzS | 8/14 | 50 | 1301 | 2/14 | 55 | 550 | 6 | 0 | 2 |
| Jma | 6/9 | 90 | 2152 | 3/9 | 72 | 97 | 3 | 0 | 3 |
| PicN | 5/76 | 51 | 254 | 1/76 | 100 | 25 | 4 | 0 | 1 |

Le tableau 7 montre que pour la station Hôtel el Arz, 8 arbres ont participé en 2017 contre seulement 2 en 2018.

Pour la station Djemaa Adharchi, 3 arbres sur 9 ont pu assurer une contribution en 2017 et 2018 alors qu'un arbre a contribué en 2017 mais pas en 2018.

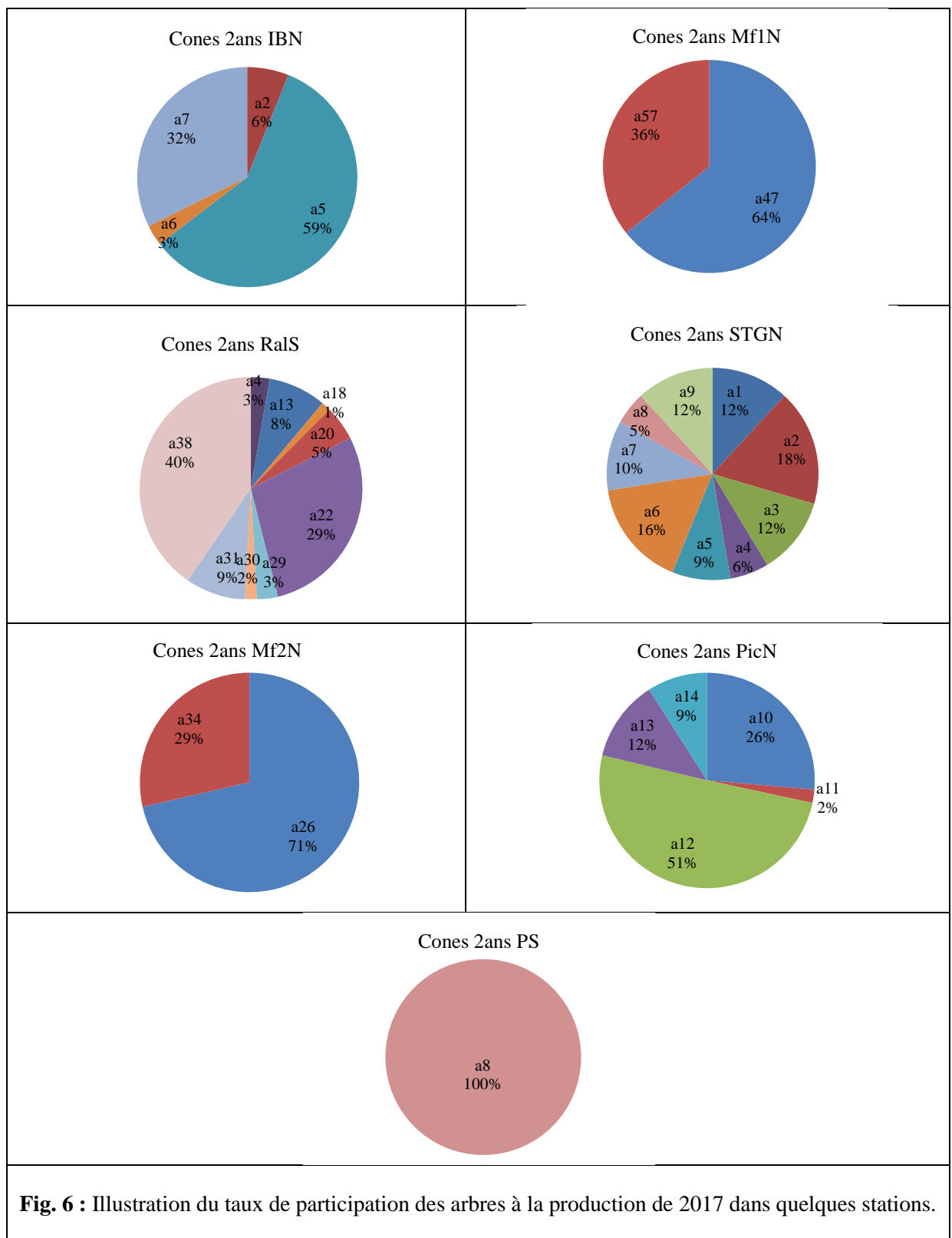


Fig. 6 : Illustration du taux de participation des arbres à la production de 2017 dans quelques stations.

1.3.2. Relation entre les contributions des arbres et leurs dimensions.

Les données montrent que l'absence de production de cônes est observée parmi les petites dimensions des tiges comme parmi grandes dimensions (fig.7).

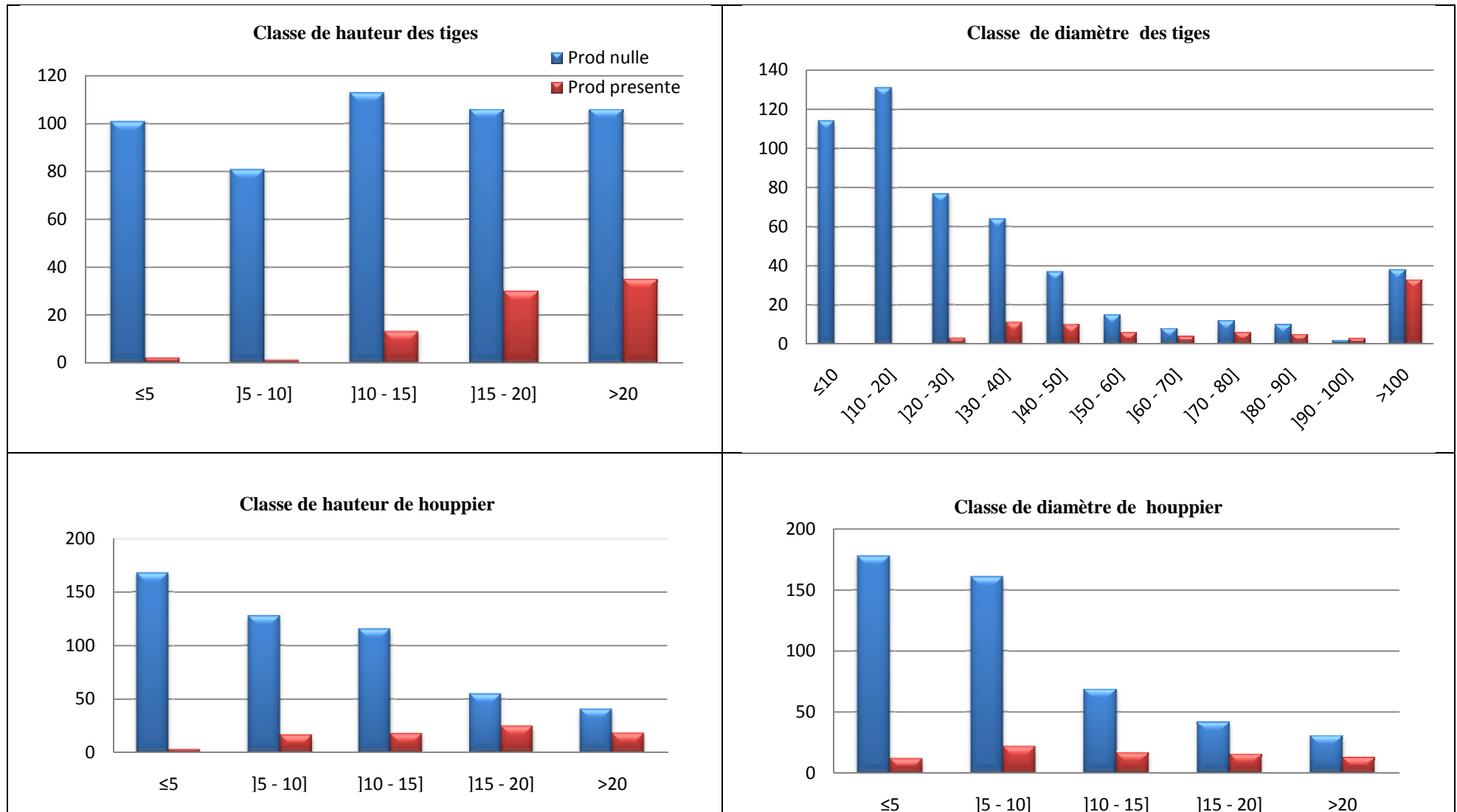


Fig.7 : Distribution des arbres a production nulle et présente selon les classes des dimensions des tiges.

2. Discussion

Notre travail sur la reproduction du cèdre par le comptage des cônes produits sur deux années successives (2017 et 2018) au sein de 19 stations de la cédraie de Tala-guilef (Djurdjura nord –ouest) a permis d’observer une variation selon la station, l’arbre et l’année.

A l’échelle des deux années d’étude, il ressort que l’année 2017 a une meilleure production que l’année 2018.

Ce phénomène où la production d’une année est meilleure à celle d’une autre année a été rapporté par Toth (1978) sur le cèdre introduit en France et sur le cèdre du Djurdjura (y compris Tala Guilef) par Krouchi (2010), Bichi (2012) et Abdelkrim (magister en cours).

Le phénomène d’alternance dans la production de graines (contenues dans les cônes) est rapporté chez les plantes y compris les arbres forestiers (Kelly et Sork, 2002). Selon Owens (1995), des contraintes biologiques peuvent causer une variation inter-année de la production de fruits et de graines.

En ce qui concerne l’effet de la station, nous avons noté que les 4 stations où aucune production n’a été trouvée en 2017 et 2018 sont toutes situées au nord ou Nord-Est. Toutefois, les productions les plus élevées (>1000 cônes) et intermédiaires (100-1000 cônes), ne semblent pas liées à paramètres stationnels (altitude, pente, recouvrement, orientation) particuliers. Toth (1978) a mentionné une production meilleure sur les orientations chaudes chez le cèdre introduit dans le sud de la France.

Pour ce qui est de l’effet arbre, nous avons observé, en concordance avec Krouchi (2010), Bichi (2012) et Abdelkrim (magister en cours) une variabilité inter-arbres du nombre de cônes produits avec quelques sujets ayant assuré entre 80 et 100% de la production par station et d’autres sujets dont la contribution n’a pas dépassé 18%.

Cette variabilité inter-individus n’est expliquée qu’en partie par leurs dimensions. En effet, nous avons observé, en concordance avec Krouchi (2010), que les productions élevées sont certes réalisées parmi les individus bien dimensionnés mais ce ne sont pas tous les individus de cette catégorie qui ont assuré une production pour la période d’observation.

Conclusion

Cette étude de la production de cônes chez le cèdre de l'Atlas à Tala-Guilef est utile pour évaluer la capacité de cette espèce à produire des graines afin de garantir sa pérennité.

Cette production s'est révélée variable à l'échelle de deux années successives avec une année de bonne production suivie d'une année de faible production. Et à l'intérieur d'une année donnée elle a varié selon les stations et dans la station elle a varié selon les arbres.

L'évaluation de la production des cônes, des fruits et des graines est utile pour mieux comprendre le processus de régénération des arbres forestiers.

Un suivi des individus à long terme serait intéressant, de même qu'il serait intéressant d'associer à ce type de données d'autres observations de la biologie de la reproduction des espèces ainsi que des données climatiques.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abdessemed K., 1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* .Manetti) dans le massif des Aurès et de Belezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Thèse Doct. Fac. St. Jerome, Marseille:199p.
- Amirat Y., 2016.** Analyse structurale de la cédraie en quelques points du Djurdjura nord-ouest (Thala-Guilef et Thabourth-El-Inser), Mémoire de Magister en Foresterie, Ummto. 83p.
- Bared A., 2016.** Contribution à l'étude dendrométrique du cèdre de l'Atlas de la forêt d'Ain Antar (Wilaya de Tissemsilet), Mémoire de Master en foresterie, Université de Tlemcen.48p.
- Belloula N., 2011.** Étude expérimentale de l'influence de la typologie des Cédraies sur la distribution des formes d'Azote dans certains sols du massif forestier du Chélia (W. de Khenchela). Mémoire de Magister. Université El-Hadj Lakhdar, Batna. 136p.
- Benabid A., 1994.** Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* *Manetti*. Ann. Rech. For. Maroc 27, 61-76.
- Bichi A., 2015.** Evaluation de la production de cônes du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Mémoire. Ing. Agro. Ummto.p
- Boudy P., 1950.** *Economie forestière Nord Africaine : Monographie et traitements des essences forestières*. Éd. Larose, T 2(II), Paris, 878 p.
- Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières. Ed. La maison rustique, 505 p.
- Bouheraoua H., 1992.** Contribution à l'étude phytosociologique et phytodynamique des groupements végétaux de la forêt du Djurdjura (Tala-Guilef, Djurdjura Occidental). Mém. Ing. Agro. Ummto.100p.
- Chaou N. et Messaoudi K., 2012.** Etude de la variabilité intra-population de la morphologie et de l'anatomie des aiguilles du cèdre de l'Atlas à Tala-Guilef (Djurdjura Nord-Ouest). Mem. Ing. Agro. Ummto. 38p.
- Derridj A., 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Th. Doct. U.P.S. Toulouse. 288 p.
- 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. 18e année, bulletin n°198, février 1938. pp. 77-92.
- Ezzahiri M., Belghazi B., 2000.** Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc) Vol. 11, n° 2 : 79-84.
- Fabre JP., Mouna M., Du Merle P., Benhalima S., 1999.** Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe. Forêt méditerranéenne t, XX, n°4 : 203-218.
- Kelly D. and Sork V. L., 2002.** Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 33,427-447.
- 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). Th. Doct. Ummto, 127p.

- 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
- M'hirit O., 2006.** Le Cèdre De L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. Mardaga: 288p.
- 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.
- Owens J.N., 1995.** Constraints to seed production: temperate and tropical forest trees. *Tree Physiology* 15, 477-484.
- QUEZEL., 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. *Actualités d'Ecologie Forestière*, compilées par Pesson, Bordas Ed ; Paris. 205-256.
- 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. Th. Doct. Univ. Aboubeker Belkaid, Tlemcen, 191p.
- Slimani S., 2014.** Reconstitutions dendrochronologiques du climat et de l'historique des incendies dans les régions des Aurès et de Kabylie, nord de l'Algérie. Th. Doct. Bio. Ummto.171p.
- Talbi Y., 2010.** 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. Mém. Magister. Université El-Hadj Lakhdar, Batna.115p.
- 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. 1978.** Contribution à l'étude de la fructification et de larégénération naturelle du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le sud de la France. Th. Doct. Ing. Fac. Sci. St Jérôme, Marseille: 196p.
- Toth J., 2005.** Le cèdre de France - Etude approfondie de l'espèce. Ed. L'harmattan. Paris 207p.
- Yahi N., 2007.** Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. Th. Doct. Univ. USTHB 265p.

Résumé

19 stations représentant différentes situations de la cédraie de Tala-Guilef ont été retenues pour l'étude de la production de cônes du cèdre. Les cônes de 1 an et de 2 ans ont été comptés en juin 2017 sur les individus de chaque station et les dimensions des individus (diamètre et hauteur totale des tiges, diamètre et hauteur du houppier) ont été mesurées. Les paramètres stationnels (altitude, types de couvert, taux de recouvrement, orientation) ont été aussi notés.

Les résultats indiquent une année de bonne production de cônes (2017) suivie d'une année à faible production (2018). Durant, l'année 2017 le nombre de cônes produits et le nombre d'arbres ayant participé à la production sont plus élevés qu'en 2018.

Les dimensions des individus et les paramètres stationnels n'expliquent pas toute la variabilité inter-individuelle et inter-annuelle observée.

Mots clefs : *Cedrus atlantica*, Tala-Guilef, Djurdjura, cônes, reproduction, variation.