

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**



**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**Mémoire**

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Ecologie forestière**

**Titre :**

**Etablissement de modèles de répartition de tiges du chêne zéen  
(*Quercus canariensis* willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi-Ouzou).**

**Etude de l'influence du choix de la distribution théorique et des  
facteurs stationnels sur le paramétrage des modèles obtenus.**

**Présenté par : SERBOUH Ilyas**

**Soutenu le : 05/12/2021**

**Jury :**

Présidente : Mme KROUCHI Fazia

Professeur à l'UMMTO

Encadreur : Mr RABHI Khellaf

Maitre de conférences 'A' à l'UMMTO

Examinatrice I : Mme AMIRAT Yassina

Maitre-assistante 'A' à l'UMMTO

Examinatrice II : Mme LOUNI Dalila

Maitre-assistante 'A' à l'UMMTO

**Année universitaire : 2020/2021**

## ***Remerciements***

Je voudrais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Avant tout, je tiens à remercier Monsieur ***RABHI K.***, Maître de Conférences à l'Université Mouloud MAMMERY, qui m'a encadré tout au long de ce mémoire. Qu'il soit aussi remercié pour sa disponibilité permanente, sa gentillesse ; et sans qui ce travail n'aurait pas vu le jour.

J'exprime toute ma reconnaissance à Madame ***KROUCHI F.***, Professeur à l'Université Mouloud MAMMERY, qui me fait l'honneur de présider le jury et qui a non seulement éveillé ma curiosité pour la foresterie mais aussi pour les nombreux conseils qu'elle m'a prodigués.

La présence de Madame ***Louni D.***, Maître Assistante à l'Université Mouloud MAMMERY, est pour moi un grand honneur. Qu'elle trouve, ici l'expression de mon estime et de mes remerciements les plus sincères. Hommages respectueux.

Mes plus vifs remerciements vont aussi à Madame ***AMIRAT Y.***, Maître Assistante à l'Université Mouloud MAMMERY, pour avoir accepté d'examiner mon travail mais aussi pour ces judicieux conseils qui m'ont été d'une aide précieuse.

Je n'oublie pas bien évidemment ma chère mère, qui s'est tant sacrifiée tout au long de mes études ; puisses-tu trouver toute ma gratitude ainsi qu'à mon cher père pour tout son soutien ainsi qu'à ma sœur Leticia.

Mes remerciements vont également à mes amis pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

# ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail*

*A la mémoire de mes grands-parents,*

*A mes parents,*

*A ma sœur Leticia,*

*A ma Tante Mahdia et son mari,*

*A mon Oncle Reda, sa petite famille,*

*A mes cousins Anis, Arris et Belkacem qui ont été très  
présents,*

*A Tata Louisa, Tata Dalila et Tata Zakia,*

*A mes amis Amine, Malek, Tassadit et Lydia.*

***Illyas Serbouh***

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Monographie du *Qercus canariensis Willd*

I.1. Systématique .....	3
I.2. Aire de répartition .....	4
I.3. Caractéristiques botaniques et dendrologiques .....	4
I.4. Caractéristiques anatomiques et technologiques du bois .....	7
I.5. Ecologie du chêne zéen .....	7
I.5.1. Altitude et étage de végétation .....	8
I.5.2. Climat et bioclimats .....	8
I.5.3. Substrat .....	9
I.5.4. Végétation d'accompagnement .....	9
I.6. Contrainte et état sanitaire du chêne zéen .....	9
I.6.1. Les agents pathogènes du chêne zéen .....	9
I.6.2. Le pâturage .....	10
I.6.3. Les incendies .....	11
I.7. Sylviculture du chêne zéen .....	11
I.7.1. Les traitements sylvicoles .....	11
I.7.2. Régénération du chêne zéen .....	11
I.7.3. Intérêt du chêne zéen .....	12

### Chapitre II : Cadre d'étude

II.1. Localisation de la forêt d'Akfadou .....	13
II.2. Le relief de la forêt d'Akfadou .....	13
II.3. Le substrat géologique et la pédologie de la forêt d'Akfadou .....	13
II.4. Le climat et le bioclimat de la forêt d'Akfadou .....	14
II.4.1. Climagramme d'Emberger .....	14

II.4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....	15
II.5. La végétation de la forêt d'Akfadou .....	16

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre III : Méthodologie**

III.1. Echantillonnage et acquisition des données .....	18
III.1.1. Echantillonnage .....	18
III.1.2. Inventaire dendrométrique .....	18
III.1.3. Détermination de l'âge des arbres .....	21
III.2. Analyse descriptive des hauteurs et des circonférences .....	22
III.2.1. Statistique descriptive .....	22
III.2.2. Comparaison et appréciation des différences .....	23
III.3. Modélisation de la structure .....	23
III.3.1. Présentation de la distribution Normale de Gauss .....	24
III.3.2. Présentation de la distribution de Weibull à 2 paramètres .....	24
III.3.2.1. Méthode du maximum de vraisemblance .....	25
III.3.3. Critère de comparaison .....	25
III.4. Approche spatiale de la compétition .....	26
III.4.1. Indices de compétition .....	26
III.4.2. Analyse de la surface du houppier .....	27
III.4.3. La structure horizontale ou spatiale .....	28
III.4.4. Présentation de la fonction K de Ripley .....	28

### **Chapitre IV : Résultats et Discussion**

IV.1. Approche spatiale de la compétition .....	31
IV.1.1. Les hauteurs .....	31
IV.1.2. Les circonférences .....	32
IV.1.3. Conclusion .....	32
IV.2. Appréciation de l'hétérogénéité des peuplements .....	33
IV.3. Structure du peuplement .....	34
IV.3.1. Estimation des paramètres .....	34
IV.4. Analyse de la surface du houppier .....	36

IV.5. Indice de compétition .....	37
IV.6. Structure horizontale .....	38
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>41</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des figures

**Figure 1 :** Aire de répartition schématique de deux chênes caducifoliés ibéro-magrébins, le Chêne faginé (*Quercus faginea* Lamk.) *sensu lato* et le Chêne zéen (*Quercus canariensis* Wild)

**Figure 2 :** Répartition Géographique du Chêne zéen en Algérie

**Figure 3 :** Planche des différents organes du chêne zéen

**Figure 4 :** Projection des postes météorologique sur le climagramme d'Emberger

**Figure 5 :** Diagramme ombrothermique pour le point d'altitude moyenne de la forêt d'Akfadou

**Figure 6 :** LINTAB

**Figure 7 :** Rayons obtenus par projection horizontale d'une couronne

**Figure 8 :** représentation d'un individu sur in plan.

**Figure 9 :** illustration des structures de Répulsion, d'indépendance et d'attraction.

**Figure 10 :** Boxplots représentant la hauteur des arbres

**Figure 11 :** Boxplots représentant la circonférence des arbres

**Figure 12 :** Structure en circonférence par placette avec superposition de la distribution de Weibull

**Figure 13 :** Structure en circonférence par placette avec superposition de la distribution Normale

**Figure 14 :** Modèle de la circonférence en fonction de la surface du houppier

**Figure 15 :** Modèle de la surface du houppier en fonction de la circonférence

**Figure 16 :** Représentation des voisinages en fonction de la surface tarière

**Figure 17 :** Représentation spatiale de la projection des houppiers

**Figure 18 :** Représentation spatiale des arbres dans les deux placettes

**Figure 19 :** Simulation de la fonction g de Ripley

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Classification du genre *Quercus*

**Tableau 2** : Caractéristiques botaniques et dendrologiques du Chêne zéen

**Tableau 3** : Quelques exemples de champignons et d'insectes qui s'attaquent au Chêne zéen

**Tableau 4** : Caractère stationnel et dendrométrique des placettes

**Tableau 5** : Liste du matériel utilisé

**Tableau 6** : *Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés*

**Tableau 7** : Résultats de l'analyse descriptive de la circonférence et de la hauteur

**Tableau 8** : Résultats de la comparaison des moyennes par l'analyse de la variance

**Tableau 9** : Résultats des estimations des paramètres

**Tableau 10** : Comparaison des distributions par les indices de Reynolds

## Liste des abréviations

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**C** : Celsius

**CM** : Carré Moyen

**cm** : Centimètre

**Ddl** : Degré de liberté

**Ha** : Hectare

**Km** : Kilomètre

**m** : Mètre

**mm** : Millimètre

**SCE** : Somme des Carrés des Ecart

**$\alpha$**  : alfa

**$\beta$**  : beta

# *Introduction générale*

## Introduction générale

Le potentiel forestier algérien est de 4,1 millions d'hectare, ce qui représente un taux de boisement de 16,4% pour le Nord de l'Algérie et 1,7% de la superficie totale. La superficie couverte par le genre *Quercus* est estimée à 882 000 Ha, selon les services forestiers ; soit 36% de superficie totale des forêts algériennes (Louni, 1994). Ce genre est représenté par 5 espèces : *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber*, *Quercus afares* et *Quercus canariensis*, cette dernière fera l'objet de notre étude. D'après Messaoudene et *al.* (1991), le chêne zéen, occupe avec le chêne afarès 65 000 Ha. Le *Quercus canariensis* a tendance à dominer puis à éliminer d'autres espèces telle que le *Quercus suber*.

La caractérisation physique a révélé que le chêne zéen a un bois dense de 844 Kg/m<sup>3</sup> ; il est répertorié comme lourd et nerveux avec un fort retrait et une faible anisotropie (Haddadou, 2015). Durant l'ère coloniale, il a été longtemps exploité pour faire des traverses de chemin de fer et des poteaux électriques. Les riverains l'utilisent comme bois de chauffage et objet artisanaux. Le taux de celluloses contenu dans le bois est de 39% (Haddadou, 2015). Il peut être valorisé pour l'élaboration des membranes cellulosiques jouant un rôle de dépolluant.

Pour mieux gérer cette essence compétitive, un aménagement de la zénaie s'avérait nécessaire. Des modèles de gestion sont apparus en 1974, selon Munro, il s'agit des modèles de type de peuplement qui restent très utiles encore de nos jours. Afin de les améliorer, des études sur le fonctionnement de l'écosystème et en particulier les interactions entre arbres que les dendrométriciens cherchent à représenter par des indices de compétition. Tomé et Burkhart (1989) ont montré comment la prise en compte du statut social permettrait d'améliorer les résultats des modèles de croissance. La modélisation a donc pour objectif de prévoir la croissance d'un peuplement et sa production. Elle reste économique, car elle réduit la durée, le nombre et le coût des essais expérimentaux.

Plusieurs travaux, essentiellement en forêt tropicale, ont montré comment l'analyse de la structure spatiale pouvait servir de description des peuplements complexes, mais aussi donner des pistes pour l'étude de leur dynamique (Goreaud, 2000).

Notre étude s'est intéressée à comparer les deux distributions théoriques, à savoir la Normale et la Loi de Weibull à deux paramètres dans deux placettes d'une zénaie pure dans l'Akfadou.

Du point de vue méthodologique l'étude est scindée en deux parties, la première partie englobe les notions de base et les généralités sur le thème étudié, qui comporte deux chapitres :

- Le premier fait état d'une étude bibliographique de l'essence étudiée (*Quercus canariensis* Willd.)
- Le deuxième concernera la description de la zone d'étude.

La deuxième partie de ce travail est réservée à l'expérimentation et comportant deux chapitres :

- Le premier exposera la méthode d'échantillonnage et l'acquisition des données ainsi que la présentation des méthodes de comparaison des distributions, d'analyse de la surface du houppier, d'évaluation de la compétition et d'analyse de la structure spatiale.
- Le deuxième portera sur la présentation des données sur l'analyse, l'interprétation, la discussion et la confrontation des résultats.

La dernière partie de notre travail sera clôturée par une conclusion et d'éventuelles perspectives.

**Chapitre I :**  
**Monographie du *Quercus***  
***canariensis* Willd**

## I.1. Systématique

En raison d'une importante variabilité au sein de chaque espèce, ainsi que les fréquents phénomènes d'hybridation ; la détermination spécifique du chêne zéen présente de nombreuses difficultés (Quezel et Bonin, 1980). De plus, il est considéré comme une espèce très polymorphe du fait de la complexité de ses micromorphes ; d'où l'observation de nombreuses espèce, sous-espèce, variétés et forme (Emberger, 1939 ; Maire, 1961 ; Quezel et Santa, 1962).

En vue de l'hétérogénéité morphologique de ce chêne, les taxonomistes ont distingué différentes classifications. En 1938, Camus a décrit trois séries au sein de la section Galliferae :

- La série africaine : *Quercus mirbeckii*
- La série occidentale : *Quercus alpestris*, *Quercus fructicosa*, *Quercus faginea*.
- La série orientale : *Quercus infectoria*

Le même auteur souligne que *Quercus mirbeckii* présente une vaste répartition en Algérie et que les autres taxons semblent ne pas y exister mis à part les variétés *tlemcenensis* et *marocana* qui sont rattachés à *Quercus faginea*.

Del Villar (1949) a remarqué qu'en plus des espèces pures, ce chêne présente également une variété de formes, mixtes ou intermédiaires. Du fait de l'effet conjugué de l'hybridation et des facteurs écologiques, il a distingué que plusieurs espèces d'Afrique du Nord peuvent être unifiées en une espèce collective : *Quercus faginea*.

En Algérie la majorité des individus de chêne zéen appartiennent à l'espèce *Quercus faginea*, elle-même composé de deux sous-espèces :

- *Quercus faginea ssp. baetica* (Webb) DC.
- *Quercus faginea ssp. tlemcenensis* (DC.) Maire et Weiller.

Quezel et Bonin (1980) ont identifié deux espèces de chênes dans le groupe Ibéro-Magrébin : *Quercus faginea* et *Quercus canariensis*, ce dernier existe en Algérie.

Zine El Abidine (1987) propose d'intégrer les formes du chêne zéen en une seule espèce collective qui est subdivisée en trois sous-espèces :

- ssp. *canariensis*
- ssp. *faginea*
- ssp. *Tlemcenensis*

D’après les travaux de Aissi et *al.*, 2020, le complexe *Quercus faginea* est représenté en Algérie par deux espèces : *Quercus faginea* Lam. et *Quercus canariensis* Willd qui est présent dans la forêt de l’Akkfadou.

La classification suivante a été adoptée sur le chêne zéen :

**Tableau 1:** Classification du genre *Quercus*

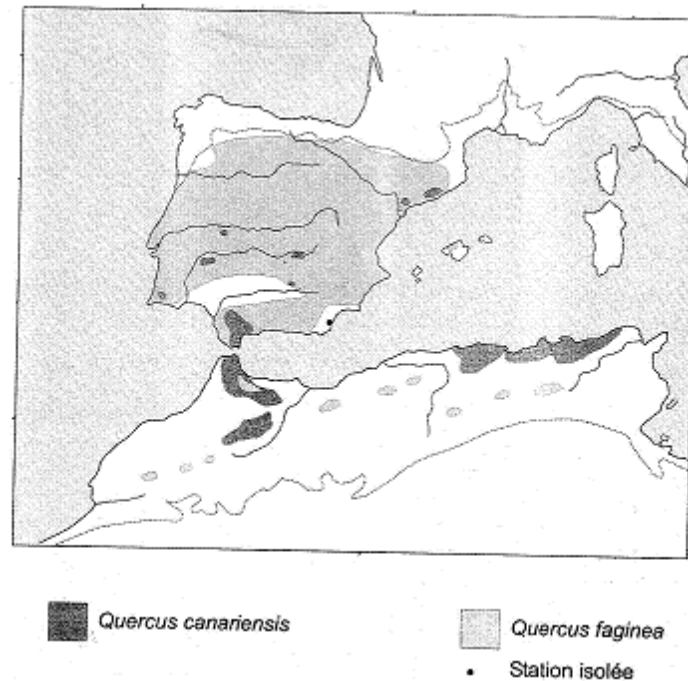
<b>Embranchement</b>	Spermaphyte
<b>Sous-embranchement</b>	Angiosperme
<b>Classe</b>	Dicotylédone
<b>Sous-classe</b>	Hamamelidae
<b>Ordre</b>	Fagales
<b>Famille</b>	Fagaceae
<b>Genre</b>	<i>Quercus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Quercus canariensis</i> willd

## I.2. Aire de répartition

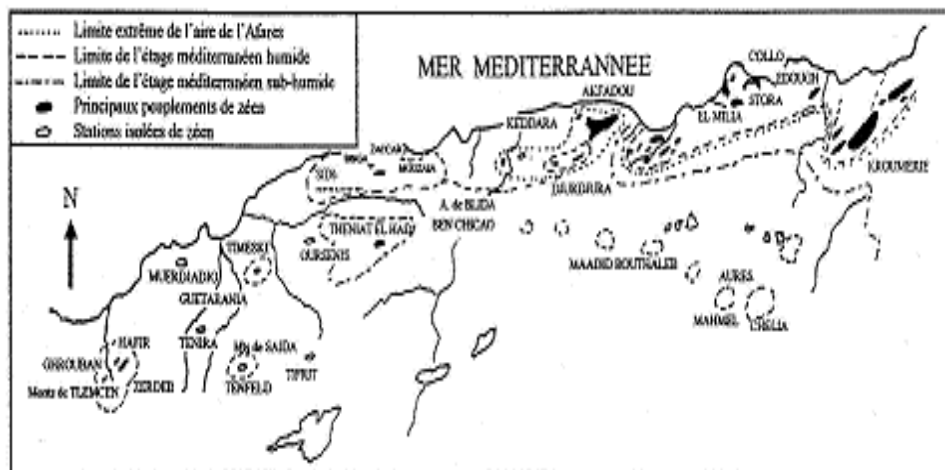
Selon Quézelet Médail (2003), le chêne zéen est réparti sur le pourtour méditerranéen et se localise dans l’ensemble Ibéro-Maghrébin. En Afrique du Nord, il occupe une superficie de 102000 Ha (Messaoudene et Tessier, 1991). Au Maroc, il occupe une superficie de 17000 Ha, répartie sur le Rif, le moyen Atlas, le plateau central et le haut Atlas. En Tunisie, il occupe une surface estimée à 20000 Ha, formant deux vastes massifs, l’un à Fedja et l’autre à Ain Draham (Tafer, 2000). Enfin, en Algérie, la zénaie occupe une superficie de 65000 Ha (Messaoudene, 1989), qui se situe principalement dans trois régions différentes :

- La partie orientale de la Grande Kabylie où se trouvent les massifs d’Ath Ghobri et d’Akkfadou ;
- Les massifs des Babours, Kefrida, Tamsquida, Guerrouche et Elma El Bared dans la Petite kabylie ;
- Monts de Medjerda dans la forêt de Djebel Ghorah à El Kala.

Des boisements de moindre importance s’observent dans les régions suivantes : Edough, Collo, Djebel Bisaa et Sidi Burnous près de Ténès, l’Ouarsensis, Teniet El Had, l’Atlas blideen, les gorges de Keddara près de Lakhdaria, le Djurdjura et enfin les Aurès (Laribi, 2000).



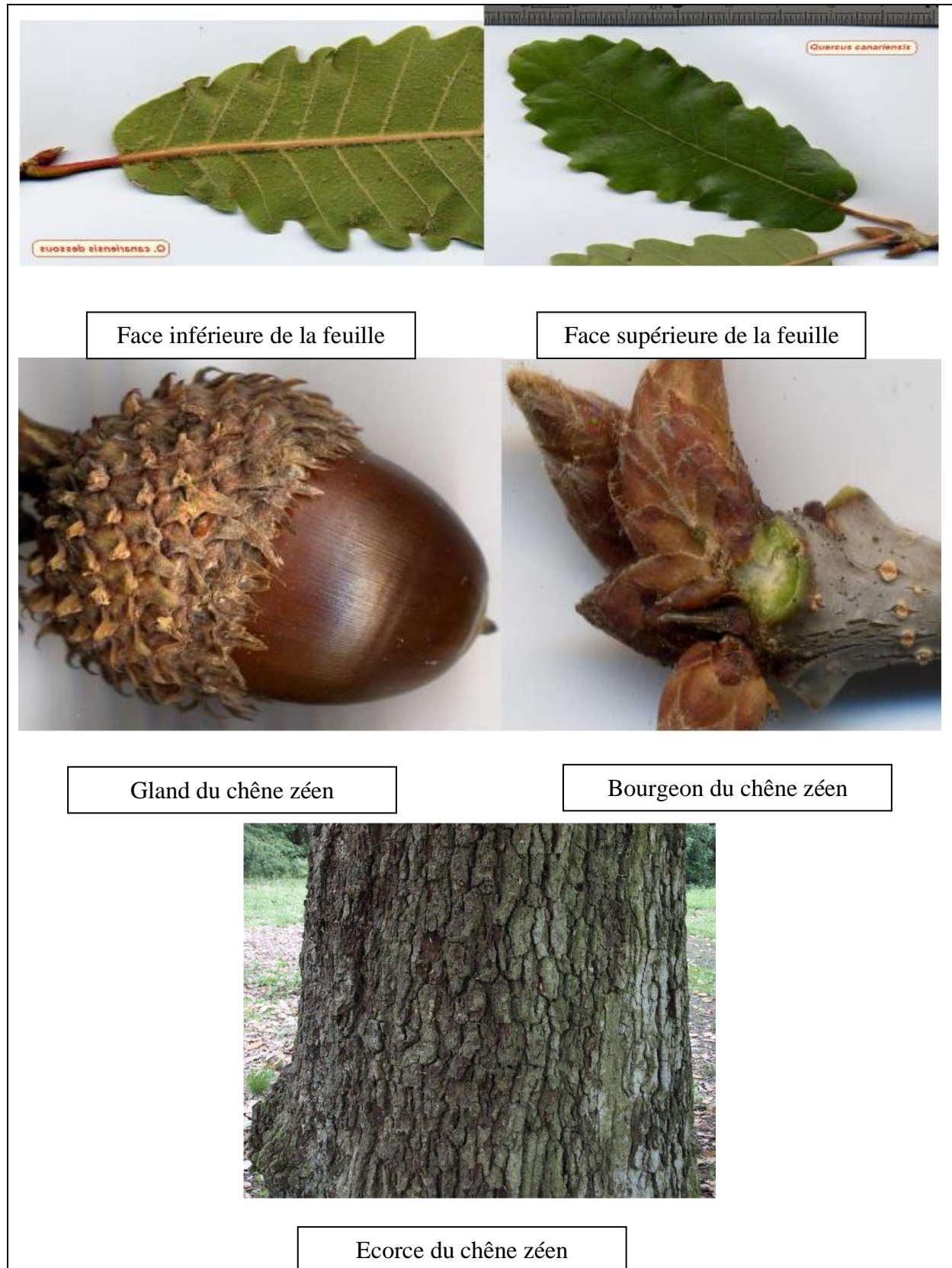
**Figure 1:** Aire de répartition schématique de deux chênes caducifoliés ibéro- magrébins, le Chêne faginé (*Quercus faginea* Lamk.) *sensu lato* et le Chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd) (QUEZEL, 2003).



**Figure 2 :** Répartition Géographique du Chêne zéen en Algérie (QUEZEL, 1956)

### I.3. Caractéristiques botaniques et dendrologiques

Les principales caractéristiques botaniques et dendrologiques du chêne zéen ont été largement décrites par plusieurs auteurs : Camus (1939) ; Boudy (1950, 1952, 1955) ; Maire (1961, 1963) ; Quezel et Santa (1962) ; Quezel et Bonin (1980) ; Messaoudène (1996), illustrées dans la **Figure 3** et résumées dans le **Tableau 2**.



**Figure 3:** Planche des différents organes du chêne zéen

**Tableau 2 :** Caractéristiques botaniques et dendrologiques du Chêne zéen

Désignation	Caractéristiques
Hauteur	De 20 à 30 m
Houpier	Très développé
Circonférence	6 m à 1.30 m
Ecorce	Couleur foncée et profondément fissuré
Fût	Allant jusqu'à 20 m et généralement unique
Rameaux	Abondant, fort et tomenteux
Feuilles	Caduque à limbe plus au moins découpées et pubescente et polymorphe : ovales, obvale, oblongues et elliptiques 10 à 15 cm sur 5 à 8 cm
Bourgeons	Étroit, conique, protégé par des écailles
Inflorescence	Essence monoïque, fleurit du mois d'avril à mai, dès l'âge de 30 ans
Enracinement	Pivotant, profond et puissant.
Fruits	Ce sont des glands indécussés enchâssés dans une cupule composée d'écailles de forme cylindrique, solitaire ou en groupe, agglomérés par 2 à 3 glands sur un pédoncule.
Fructification	Abondante, annuelle et régulière, à partir de l'âge de 30 ans et se situe d'octobre à novembre
Accroissement	Croissance en hauteur : estimé de 1.2 à 1.5 m/an.
	Croissance radiale : oscille de 1 à 1.5cm /an (2 cm en sol profond).
Régénération	Voie sexuée : par semis naturel ou artificiel
	Voie végétative : par rejets de souche après coupe ou incendie
Longévité	Dépassent 200 ans

#### I.4. Caractéristiques anatomiques et technologiques du bois

En vue macroscopique, le bois de chêne zéen présente de gros rayons ligneux multisériés et de petits rayons unisériés, à l'origine d'une belle maillure du bois lorsqu'il est débité en quartiers. La zone de bois initial se caractérise par de gros vaisseaux alignés en bandes tangentielles et isolés les uns des autres. En revanche, le bois final est formé de vaisseaux nettement plus petits et de taille variable. Les fibres sont très nombreuses dans le bois final, irrégulièrement réparties et à trajet rectiligne- oblique. Aujourd'hui, les avis sur la qualité du bois de ce chêne sont variables et parfois contradictoires. La majorité des forestiers considèrent, sans argument scientifique, le bois de chêne zéen comme étant de qualité médiocre et lui accordent très peu d'intérêt (MESSAOUDENE et *al*, 2009).

Cependant, les travaux de Messaoudene et *al.* (2009) confirment que le bois du chêne zéen est situé dans la catégorie des bois à forts retraits, nerveux à très nerveux et mi-lourds à lourds. La sévérité de ces contraintes physiques dévalorise le bois de cette essence. Toutefois, le chêne zéen se distingue par rapport aux bois de chênes méditerranéens et européens par sa faible anisotropie, caractère indicateur de la stabilité dimensionnelle de son bois.

Malgré que le bois de cette essence ne présente pas des qualités appropriées pour quelques usages, il garde son utilité pour la confection des poutres de ponts, bois de service (piquets de mines, perches...), parquet, manche d'outils et il donne aussi un bon bois de chauffage et un charbon de qualité. Pour les traverses de chemin de fer, bien qu'il soit utilisé dans le passé mais il ne donne pas une entière satisfaction pour cet emploi parce que les fibres une fois soumise aux sels de fer et à l'humidité se désorganisent sous le rail (Mazeghrane et Messaoudene, 1990).

### **I.5. Ecologie du chêne zéen**

Le chêne zéen est une espèce héliophile, cependant elle est sciaphile à l'état juvénile. Le chêne zéen est très envahissant dans les limites supérieures des subéraies (Emberger, 1939 ; Quezel, 1955).

#### **I.5.1. Altitude et étage de végétation**

Quezel (1956) ; Quezel et Medail (2003) soulignent que le chêne zéen trouve son optimum de développement entre 800 et 1500 m d'altitude au niveau du supra-méditerranéen. Dans l'étage montagnard méditerranéen, il est en contact avec les cédraies et les sapinières.

D'une manière générale, en Algérie, il se situe entre 850 et 2000 m d'altitude. En Kabylie, il s'étend entre 800 et 1646 m (Djebel El Zéen) et atteint 2000 m d'altitude dans les Babors (Messaoudene 1989). Dans les massifs de l'Akfadou et de Beni Ghobri, il appartient aux étages de thermo-méditerranéen et méso-méditerranéen accompagné d'une grande richesse floristique (Aime et al., 1986 ; Meddour, 1993 ; Laribi, 2000 ; Messaoudene et al., 2009).

#### **I.5.2. Climat et bioclimats**

Très exigeante du point de vue écologique, le chêne zéen ne se développe que dans les régions à fortes précipitation, au moins 800 mm/an (Quezel et medail, 2003) et ne peut se développer pleinement qu'en exposition Nord et dans les zones recevant 1000 mm/an de pluie

ou plus dans le versant Sud (Tafer, 2000). Il supporte bien les basses températures allant de -8°C à -10°C (Maire, 1926).

En ce qui concerne les étages bioclimatiques, le chêne zéen occupe les bioclimats subhumide et humide (Boudy, 1952 ; Quezel et Medail, 2003). C'est la variante tempérée de l'étage bioclimatique humide qui semble correspondre à l'optimum de la forêt de chêne zéen en termes de bioclimat (Quezel, 1976).

### I.5.3. Substrat

Indifférent à la nature physico-chimique du substrat, le chêne zéen se trouve sur basalte, grès, schistes, granite... (Emberger, 1939). Il ne supporte pas les sols peu profonds et les sols calcaires compacts. Cette espèce se développe sur presque tous les substrats à l'exception des argiles, des roches dures et les sols salés (Maire, 1926).

### I.5.4. Végétation d'accompagnement

Le chêne zéen est mélangé avec certaines espèces arborescentes, parmi lesquelles *Quercus suber*, *Quercus afares*, *Quercus ilex*, *Acer obtusatum*, *Sorbustorminalis* et *Prunusavium* (Laribi, 2000).

La végétation qui accompagne le chêne zéen est principalement composée de :

- *Alnus glutinosa*
- *Ampelodesmamauritanica*
- *Bromus romosus*
- *Phlomis bovei*
- *Ilex aquifolium*

## I.6. Contrainte et état sanitaire du chêne zéen

Selon Hammiche (1978), l'état sanitaire du chêne zéen est bon. Les arbres conservent un état sanitaire satisfaisant jusqu'à l'âge de 200 ans.

### I.6.1. Les agents pathogènes du chêne zéen

Le chêne zéen est sujet à différent type de maladie résultantes des attaques d'agents pathogènes, de champignon et d'insectes xylophages. Certains provoquent une destruction totale de l'arbre, d'autre sont l'origine de la réduction de la croissance de l'arbre et la dépréciation de la qualité technologique du bois. Smail (1989) in Tafer (2000) note que la

maladie de l'oïdium est la plus commune et grave chez les chênes. Smail (1994) dans son étude sur l'écologie des macromycètes lignicoles, décrit un nombre de champignons qui s'attaquent aux bois de Chêne zéen. Mansour (1984) de son côté souligne que l'agent inféodé des fagacées est le *Microsphaeraalphitoïdes*.

**Tableau 3:** Quelques exemples de champignons et d'insectes qui s'attaquent au Chêne zéen

	Agent causal	Type d'attaque	Conséquences
Champignons	<i>Fomesfomentarius</i>	Parasite	Pourritures blanches
	<i>Trichamptumabietinum</i>	Parasite facultatif ; Saprophyte de faible activité.	
	<i>Tometesversicolor</i>	Saprophytes très actif	Pourritures blanches
	<i>Caloporustaxicola</i>		Pourritures blanches
	<i>Stereumhirsutum</i>	Parasite facultatif ; Saprophyte actif.	
	<i>Poliporussquamosus</i>	Saprophytes très actif	Pourritures blanches
	<i>Hypholomafascicular</i>	Parasite et/ ou saprophyte	Pourritures rouges
Insectes	<i>Cerambysheros</i>	Défoliation	Dépérissement prématuré
	<i>Lymantriadispar</i> (famille de bombycidées)	Défoliation	Ralentissement de la croissance
	<i>Catocala nymphaea</i> (Lepidoptera ; Noctuidae)	Défoliation	Ralentissement de la croissance
	<i>Euproctischresoraea</i> (Lepidoptera ; Lymantriidae)	Défoliation	Ralentissement de la croissance
	<i>Tortrix viridana</i> L. (Lepidoptera ; Tortricidae)	Défoliation	Ralentissement de la croissance

### I.6.2. Le pâturage

Le chêne zéen est très menacé par une action anthropique accrue due au pâturage intense et à l'ébranchage qui ont pour conséquences l'affaiblissement des arbres et une faible régénération naturelle (Abdessemed, 1985). À cela s'ajoute le fait qu'une grande partie de ces populations est constituée par de vieux et gros arbres essentiellement. En effet, son caractère caduc rend cette espèce très appréciée et utile pour l'homme afin d'assurer les besoins de son bétail. De plus, une grande quantité des glands de cette espèce dans la région sont consommés par la faune sauvage notamment le sanglier. Cette action conjuguée affecte

négativement et d'une manière directe et intensive son processus de régénération naturelle, ce qui menace gravement sa pérennité (Aissi, 2019).

### **I.6.3. Les incendies**

La région méditerranéenne est gravement affectée par les incendies ; sa sensibilité à l'égard du feu dépend de la structure et la composition floristique de ses peuplement (Seigue, 1985).

On remarque que les chênaies caducifoliées, sont parmi les formations forestières transformées par dégradation due au feu. C'est le cas des zénaies d'Afrique du Nord, d'Espagne et du Portugal qui a été souvent dégradé en forêts et maquis à chêne liège (Quezel, 1956). Cependant, Boudy (1955) souligne que les peuplements purs de chêne zéen sont peu vulnérables au feu, mais s'ils sont en mélange avec le chêne liège, ils subissent de gros dommages en cas d'incendies. Le chêne zéen est qualifié de pyrolabile ; c'est-à-dire, c'est une espèce à écorce fine ; très sensible au feu, c'est pour cela que la zénaie ne recouvre aujourd'hui qu'une faible partie de son aire écologique naturelle (Le Houerou, 1974).

## **I.7. Sylviculture du chêne zéen**

### **I.7.1. Les traitements sylvicoles**

Le chêne zéen se trouve en peuplement pur ou mélangé. C'est une espèce qui peut recevoir différent traitement selon les objectifs d'aménagement. Dans les peuplements purs, c'est le traitement en futaie régulière qui convient le mieux en général (Boudy, 1952). C'est un traitement adapté surtout, quand l'âge d'exploitabilité est fixé à 100 – 120 ans, révolution permettant une bonne production de bois d'œuvre. Pour les traitements en futaie jardinée, l'exploitabilité se fait à base de choix d'un diamètre qui est fixé selon les objectifs recherchés, tout en respectant la rotation des coupes. Généralement, le diamètre d'exploitabilité est fixé pour des rotation de 10 ans.

### **I.7.2. Régénération du chêne zéen**

La régénération constitue la base de la sylviculture. Le chêne zéen se régénère par semis naturel, par rejet de souche, par drageons et par régénération assistée (Messaoudène, 1989).

A partir de leurs propres semences, les peuplements de chêne zéen âgé assure leurs régénérations naturelles. Dans le cadre de la régénération assistée le choix au préalable de

semenciers des arbres d'élite présentant des critères intrinsèques et extrinsèques et une bonne adaptation au milieu.

### **I.8. Intérêt du chêne zéen**

Le bois du chêne zéen présente un grand intérêt pour l'Afrique du nord, la haute qualité de résistance et la haute adhérence de ces fibres convenant pour plusieurs utilisations (la menuiserie fine, l'ameublement et des emplois de haute qualité de résistance mécanique) Aussi, elles présentent un grand intérêt tant du point de vue écologique, biologique, esthétique, paysager et socioéconomique.

# **Chapitre II :**

## **Cadre d'étude**

### II.1. Localisation de la forêt de l'Akfadou

Le massif forestier d'Akfadou est situé à l'intersection de deux massifs montagneux : la chaîne du Djurdjura et la chaîne côtière. Il est à environ 50 Km du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et à moins de 20 Km de la mer méditerranéenne à vol d'oiseau.

La forêt d'Akfadou couvre une superficie de 11000 Ha représentant 18% des forêts de chêne caducifolié algériennes (Messaoudene et *al.*, 2007).

Cette forêt est sous régime domaniale et est divisée en deux parties, l'Akfadou Ouest et l'Akfadou Est, dépendant respectivement de la wilaya de Tizi-Ouzou (4600 Ha) et de Bejaia (6400 Ha)

Les stations choisies pour cette étude sont situées dans la partie Ouest de l'Akfadou délimitée par :

- La tranchée pare-feu sépare l'Akfadou Est (Bejaia) et Ouest (Tizi-Ouzou) au Nord-Est.
- La forêt domaniale de Beni Ghobri au Nord-Ouest.
- La forêt domaniale de Beni Ghobri et des terrains particuliers à l'Ouest.
- La forêt de l'Akfadou Est à l'Est et au Sud
- Les terrains particuliers de la daïra de Bouzeguène.

### II.2. Le relief de la forêt de l'Akfadou

L'orographie de la forêt d'Akfadou est très complexe, elle entoure une série de crêtes généralement orientées Nord-Est et Sud-Ouest. Le relief est assez accidenté (pentes allant de 15 à 45%), surtout dans le Sud-Est. L'altitude de l'Akfadou varie de 560 m (Assifouerdoun) à 1646 m (Djebel El Zéen) (Messaoudene, 1989).

### II.3. Le substrat géologique et la pédologie de la forêt de l'Akfadou

La carte dessinée par Gelard (1978) montre que l'Akfadou renferme trois substrats : des grès numidiens, les éboulis et les argiles sous numidiennes de l'oligocène s'intercalant sur les versants. Le flysch à microvbrèche de sénonien occupe les croupes arrondies. Durand (1950) estime que cette région ne comprend que deux faciès :

- Les grès siliceux du numidien supérieur ;
- Les argiles du numidien inférieur avec intercalation de bancs gréseux (flysch).

Le même auteur souligne que la major partie des sols de l'Akfadou sont brun lessivés et légèrement acides. Dans certains endroits, il existe des sols à hydromorphie temporaire en contact avec des argiles sous numidiennes. Le sol est humifère et l'humus est de type mull forestier caractérisé par un rapport C/N satisfaisant donnant une bonne minéralisation et un pH inférieur à 7.

Les recherches menées par Durand (1951) dans la région montrent que le " le facteur essentiel de différenciation des sols est la roche mère, par sa plus ou moins grande perméabilité, conditionne la migration des argiles" d'où une différenciation des sols sur substrat gréseux d'une part et sur substrat argileux d'autre part.

#### **II.4. Le climat et le bioclimat de la forêt de l'Akfadou**

Le massif de l'Akfadou s'étend sur un territoire présentant des dénivellations entre ses points extrêmes ; il est donc, naturellement caractérisé par une variabilité microclimatique. Il se caractérise par les bioclimats semi-humide et humide à variante fraîche et tempérée. En effet, ses précipitations varient de 1200 à 2000 mm/an, ce qui en fait la zone la plus arrosées d'Afrique du Nord. La saison des pluies la période est importante (8 mois), la période sèche estivale est de plus de deux et demi. Le régime saisonnier des précipitations est de type : Hiver – Automne – Printemps -Eté (HAPE) (Messaoudène, 1989).

##### **II.4.1. Climagramme d'Emberger**

La localisation des stations sur le climagramme d'Emberger est possible grâce au calcul du quotient pluviométrique (Q2) et de la valeur de la température minimale du mois le plus froid. En exploitant les données climatiques fournies par l'ANRH sur une période relativement étalée, les quotients pluviométriques calculés positionnent le point d'altitude moyenne de l'Akfadou (1400 m) dans l'étage bioclimatique humide à variante fraîche (Messaoudène, 1989).

Q2 est calculé de la manière suivante :

$$Q2 = 3,43 \frac{p}{M - m}$$

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Pluviométrie annuelle en (mm) ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°C) ;

m : Moyenne des minimas du mois le plus froid en (°C).

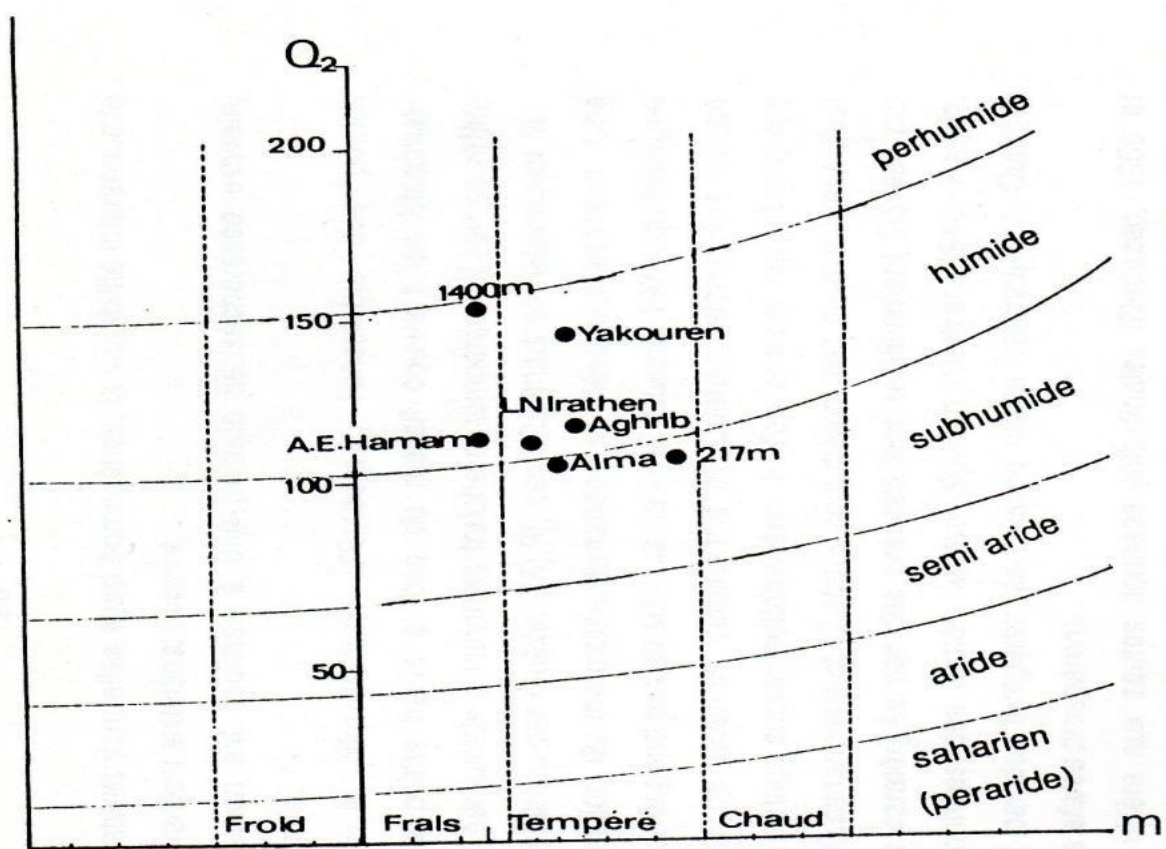
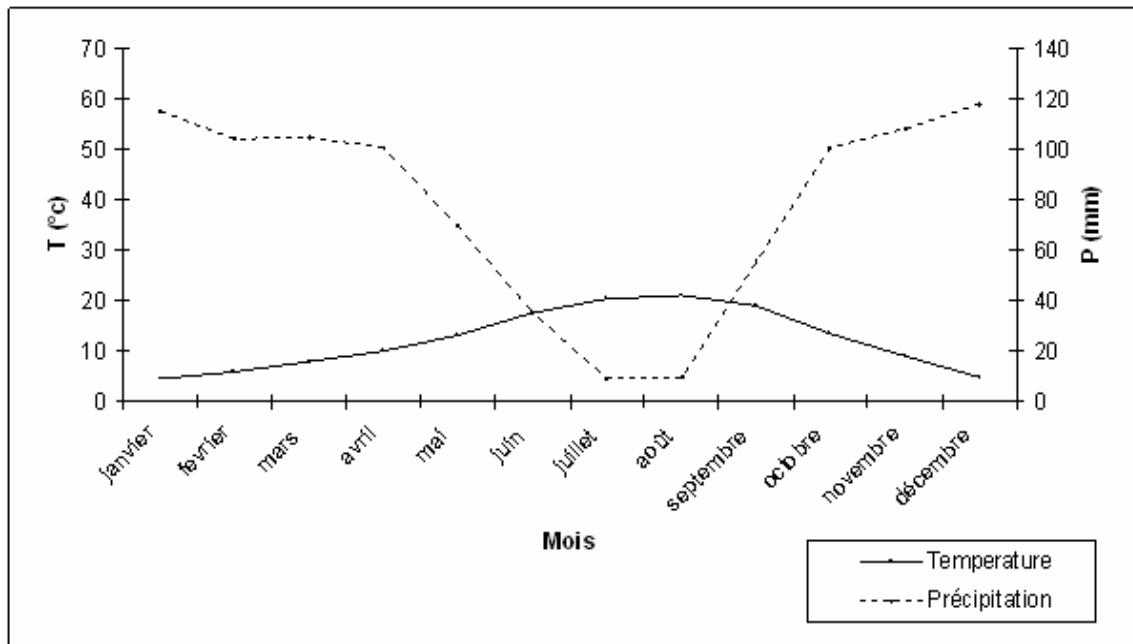


Figure 1: Projection des postes météorologique sur le climagramme d'Emberger

#### II.4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen est une représentation graphique obtenue par la superposition des deux courbes de variation annuelle des précipitations et des températures. Ces dernières sont reliées par la relation :  $P=2T$ .

Les mois de l'année son portées en abscisse et en ordonnée les précipitations d'un côté et les températures de l'autre côté.



**Figure 2 :** Diagramme ombrothermique pour le point d'altitude moyenne de la forêt d'Akfadou

Selon le diagramme réalisé (**Figure 5**), la période sèche s'étale de mi-Juin au début de Septembre.

## II.5. La végétation de la forêt d'Akfadou

La forêt d'Akfadou est principalement composée de chêne de zéen (*Quercus canariensis* Willd.), de chêne afarès (*Quercus afares*) et de chêne liège (*Quercus suber* L.). Ces peuplements présentent une mosaïque d'âges divers. Le chêne zéen est l'espèce dominante jusqu'à 1646 m d'altitude, représentant environ 45% de la superficie de l'Akfadou. Le chêne afarès abonde sur quelques lignes de crête, les versants Sud et Sud-Ouest et les terrains aux sols plus ou moins argileux. Dans la plupart des cas, il est situé en-dessous de 1250 m d'altitude. Les peuplements purs occupent environ 15% de la surface boisée. Les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne afarès se retrouvent dans les zones de transition. Il en est de même pour les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne liège, limités à une altitude de 1100 m. Ces peuplements mixtes couvrent environ 25 % de la zone boisée. Quant au chêne liège à l'état pur, il occupe 15 % de la zone périphérique de l'Akfadou. De gros chênes zéens et afarès, âgés de plus de 500 ans, sont présents dans de nombreux sites. Ces individus témoignent de l'origine ancestrale de la chênaie de l'Akfadou (Messaoudène, 1989).

Introduit en 1890 puis en 1948, dans le cadre de programmes d'amélioration forestière, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) forme actuellement de très belles cédraies

perpétuées par une régénération naturelle très importante. Il en est de même pour le châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), le pin noir (*Pinus nigra* Ait.), le pin couler (*Pinus coulteri* D. Don.) et le cyprès (*Cupressus horizontalis* L.). *Abies numidica* (De Lann.) est représenté par 75 individus inventoriés au sud de la cédraie d'Agoulmime Aberkane. L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), l'if et le houx colonisent partout les stations les plus humides à tendance marécageuse de l'Akfadou, ainsi que les sources et cours d'eau. Parmi les espèces caducifoliées figurent aussi l'érable (*Acer obtusatum* W. et K.) où il peut parfois codominer avec le chêne zéen, voire le dominer pour constituer de véritables érablières occupant des surfaces assez réduites ; le sorbier (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz et le merisier (*Cerasus avium* L.) bien qu'assez fréquent, sont rarement abondant. Mais leur intérêt écologique est suffisamment important pour que les aires réduites où poussent ces espèces dans l'Akfadou soient protégées (Messaoudène et al., 2007)

# **Chapitre III :**

## **Méthodologie**

### III.1. Echantillonnage et acquisition des données

#### III.1.1. Echantillonnage

La forêt de l'Akfadou est caractérisée par une variabilité topographique, édaphique, géologique et floristique ; ainsi, ces facteurs physiques ont créé de nombreuses conditions microclimatiques d'où une différence à l'échelle des peuplements. Cette hétérogénéité structurale, influence l'agencement des variables dendrométriques, la production et la productivité.

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

Dans le cadre de cette étude, deux placettes circulaires de 200 m<sup>2</sup> ont été délimitées et matérialisées sur le terrain. Le choix de placette de forme circulaire est dicté par leur installation facile et rapide sur terrain. Elles permettent également de réduire considérablement le nombre de cas douteux d'appartenance ou non d'arbres à la placette (RONDEUX, 1993).

#### III.1.2. Inventaire dendrométrique

L'inventaire et la description des peuplements sont un préalable indispensable à toute démarche de gestion forestière et de planification sylvicole (Huart et *al*, 2004). On s'intéresse à réaliser cet inventaire pour mettre en évidence la structure du peuplement et d'évaluer la compétition au niveau de chaque placette.

L'inventaire pied par pied a été réalisé dans chacune des placettes. Les mesures dendrométriques réalisées sont :

- Les circonférences (C) à 1,30m mesurées avec un ruban mètre ;
- La hauteur totale de l'arbre (H) mesurée à l'aide du "VERTEX III" ;
- Les distances (d) des arbres par rapport à l'arbre central mesurées à l'aide d'un décamètre ;
- L'azimute ( $\alpha$ ) des arbres par rapport à l'arbre central mesuré à l'aide d'une boussole ;


- Deux rayons du houppier (R1 et R2) mesurés à l'aide d'un double décamètre ;
- L'âge des arbres à l'aide d'une tarière de Pressler.

Pour mieux caractériser chaque placette, on a déterminé la pente moyenne (P%) mesurée avec le "VERTEX III" et la densité des peuplements par comptage d'arbre par surface de placette. En plus des variables dendrométriques, la description de la station sur le plan édaphique et topographique (altitude et exposition) a été faite en utilisant un altimètre et une boussole forestière ; ainsi que les variables biotiques tel que : le nombre de régénération, le nombre sujet dépéris et le sous-bois. Les **tableaux 3** et **4** récapitulent respectivement les données stationnelles des deux placettes étudiées et le matériel utilisé.

**Tableau 4** : Caractère stationnel et dendrométrique des placettes

Caractéristiques	Placette 1	Placette 2
<b>Canton</b>	Tala kitane	Tacharchourt
<b>Lieu</b>	200 m de la maison forestière sur la droite	1Km du pont 9 m à droite
<b>Cordonnées</b>	36°41'13,6" N 4°33'46,9" E	36°40'10,4" N 4° 33'47,7" E
<b>Micro-relief</b>	Versant	Bas fond
<b>Exposition</b>	Nord-Ouest	Nord-Ouest
<b>Pente</b>	27%	18%
<b>L'altitude</b>	1132 m	1081 m
<b>La densité</b>	500 arbres/ha	550 arbres/ha
<b>Nombre de régénération</b>	12	42
<b>Nombre de sujet dépéris</b>	2	3
<b>Sous-bois</b>	Cytise, garance	Cytise, férule, ronce, cyclamen

Tableau 5 : Liste du matériel utilisé

<p><b>GPS</b></p>	
<p><b>Ruban mètre</b></p>	
<p><b>Double décamètre</b></p>	
<p><b>Boussole</b></p>	

Vertex III	
Tarière de Pressler	

### III.1.3. Détermination de l'âge des arbres

Pour déterminer l'âge des arbres, nous avons procédé au comptage des cernes sur des carottes prélevées à 1,30 m du sol avec la tarière de Pressler. Après avoir subi un polissage, le comptage des cernes ainsi que la mesure de la distance entre ces dernières ont été faites à l'aide de LINTAB 5.



Figure 6 : LINTAB

### III.2. Analyse descriptive des hauteurs et des circonférences

#### III.2.1. Statistique descriptive

Pour l'analyse statistique, nous avons fait appel à une analyse descriptive qui regroupe les nombreuses techniques utilisées pour décrire un ensemble relativement important de données. Ces techniques peuvent être classées en trois catégories : la tendance centrale, les paramètres de dispersion et les paramètres de forme. Les paramètres utilisés sont présentés dans le tableau X :

**Tableau 6 : Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés**

Catégorie	Paramètre	Formule
Tendance centrale	Moyenne arithmétique	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
Paramètre de dispersion	Ecart-type	$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
	Variance	$\sigma^2$
	Coefficient de variation	$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}}$
Paramètre de forme	Coefficient d'aplatissement (Kurtosis)	$\beta = \frac{(n+1)n}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4} - \frac{(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$
	Coefficient d'asymétrie	$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3$

- **Le coefficient d'aplatissement (Kurtosis) :**

Il reflète la répartition des données autour de leur centre ; sa mesure permet d'apporter des informations importantes autour des extrémités et le pic d'une distribution. Ce coefficient peut être soit positif, soit négatif. Lorsqu'il est positif, il indique une distribution avec un pic moins plat et des extrémités plus épaisses par rapport à la distribution normale (Distribution *laptokurtique*). Lorsqu'il est négatif, il indique une distribution plus plate avec des extrémités moins épaisses par rapport à la distribution normale (distribution *platykurtique*). L'aplatissement de la distribution normale est égal 0 (distribution *mésokurtique*).

- **Le coefficient d'asymétrie :**

Le coefficient d'asymétrie évalue le défaut de symétrie d'une distribution. Il est nul pour une distribution symétrique. Il est positif pour une distribution étalée à droite. Il est négatif pour une distribution étalée à gauche.

### III.2.2. Comparaison et appréciation des différences

Pour comparer les moyennes de différentes séries de données, nous avons choisi d'utiliser l'analyse de la variance à un seul facteur de classification afin de mettre en évidence d'éventuelles différences qui pourraient exister entre les groupes. Le tableau d'analyse de la variance issue de cette analyse permettra de vérifier s'il existe des différences significatives de la croissance en hauteur et en circonférence entre les stations étudiées.

### III.3. Modélisation de la structure

La structure du peuplement est représentée par la répartition du nombre de tiges en fonction des classes de diamètre qui obéit à certaines lois. Dans un peuplement régulier, les tiges se répartissent suivant la loi de Gauss (loi Normale), alors que dans un peuplement irrégulier la distribution des tiges est représentée par une courbe exponentielle (PARDE et BOUCHON, 1988). L'analyse de la stabilité des peuplements requiert une bonne description de leur structure, c'est-à-dire de la distribution des caractéristiques individuelles des tiges (généralement représentée sous forme d'histogrammes) et de leur répartition spatiale.

Malgré l'implication importante de la structure, dont la hiérarchie sociale en dépend fortement, dans la construction de la plupart des modèles surtout ceux architecturaux (GOREAU, 2000). On s'est limité, dans notre cas, aux caractéristiques dendrométriques classiques.

De nombreuses distributions théoriques ont été utilisées pour caractériser la structure de peuplements forestiers (LEJEUNE, 1994). Parmi les principales, il convient de citer les distributions normales, log-normale, gamma, beta et Weibull. DAGNELIE et RONDEUX (1971) considèrent que la distribution Log-normale donne des résultats satisfaisants. Dans ce travail, nous avons opté pour la distribution normale de Gauss et de la distribution de Weibull à deux paramètres.

### III.3.1. Présentation de la distribution Normale de Gauss

La fonction de densité de la distribution de la loi normale peut-être exprimée comme suit (Dagnelie, 2013) :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right]}$$

Où  $x$  est une variable aléatoire,  $m$  une moyenne arithmétique et  $\delta$  un écart-type.

L'estimation de la moyenne  $m$  et de l'écart-type  $\delta$  ont été effectués à l'aide des équations suivantes :

$$\hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m})^2}$$

Où  $n$  indique le nombre d'arbre par placette et  $x_i$  représente le diamètre à hauteur de poitrine de chaque arbre.

### III.3.2. Présentation de la distribution de Weibull à 2 paramètres

Dans certaines études, le paramètre  $a$  est arbitrairement fixé à  $0.5 d_{\min}$  (Lei, 2008) ou à zéro (Gorgoso et al. 2007), réduisant ainsi la fonction à une distribution de Weibull à deux paramètres qui est plus facile à modéliser et fournit des résultats similaires à ceux de la fonction de Weibull à trois paramètres.

La fonction de densité de la distribution de Weibull à deux paramètres est la suivante (Gorgoso et al. 2012, Sghaier et al. 2016) :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right]$$

Avec :

- $b$  : un paramètre d'échelle
- $c$  : un paramètre de forme

Deux méthodes sont utilisées pour estimer les paramètres de la distribution de Weibull qui sont *la méthode du maximum de vraisemblance* et *la méthode des moments*.

Dans notre étude nous nous sommes basés sur la méthode du maximum de vraisemblance.

### III.3.2.1. Méthode du maximum de vraisemblance

La méthode du maximum de vraisemblance est couramment utilisée en foresterie, car elle présente certaines propriétés souhaitables (Lei, 2008). L'estimation des paramètres à l'aide de la méthode du maximum de vraisemblance s'est avérée produire des statistiques de qualité d'ajustement constamment meilleures par rapport aux autres méthodes, mais elle est aussi la plus exigeante en termes de ressources informatiques (Cao et McCarty, 2006). Si nous considérons la fonction de densité de probabilité de Weibull, sa fonction de vraisemblance sera :

$$L(x_1, \dots, x_n; b, c) = \prod_{i=1}^n \frac{c}{b} \left(\frac{x_i}{b}\right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x_i}{b}\right)^c\right]$$

$$\hat{c} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n x_i^c \times \log(x_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^c} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log(x_i) \right]^{-1}$$

$$\hat{b} = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^c \right]^{\frac{1}{c}}$$

### III.3.3. Critère de comparaison

Il est important de pouvoir apprécier si la distribution théorique que l'on utilise donne une bonne représentation de la distribution des tiges d'un peuplement. Dans ce contexte, nous avons appuyé les comparaisons par l'utilisation d'un indice mis en œuvre par Reynolds et *al.* (1988), simplifié par Zhang (2003) et Liu et *al.* (2009), qui correspond à la sommation des différences absolues entre les effectifs prédits et observés au sein des classes de grosseur définies pour chaque distribution. La formule d'application est la suivante :

$$EI = \sum_{i=1}^n |P_i - E_i|$$

Où  $P_i$  et  $E_i$  sont respectivement les effectifs prédit et observé.

### III.4. Approche spatiale de la compétition

#### III.4.1. Indices de compétition

L'effet de la compétition est souvent mentionné dans la littérature comme un effet majeur de variation de la dimension et de la croissance (Harper, 1977 ; Pardé et Bouchon, 1988). Selon Connell (1990), la compétition entre deux arbres est une interaction négative par interférence directe ou indirectement par l'exploitation de ressources communes.

La prise en compte de cette compétition est très importante en foresterie : elle intervient dans de nombreux modèles de croissance et de dynamique forestière. L'objectif du gestionnaire est généralement de réduire la compétition dans les peuplements gérés, alors qu'en absence de sylviculture, il s'agit d'une composante essentielle pour la structuration des peuplements via la mortalité. Cependant, la mesure directe de la compétition est problématique, c'est pourquoi les indices de compétition par leur facilité de construction et la simplicité de leur mise en œuvre sont très largement utilisés (Prévosto, 2005).

Les indices de compétition sont rangés traditionnellement en deux grandes classes :

- Les indices indépendants de la distance. Cette catégorie regroupe l'ensemble des indices qui ne nécessitent pas une connaissance spatialisée des arbres : les indices de vigueur, les indices utilisant les caractéristiques du peuplement dans son ensemble ou à un niveau local, les indices basés sur des ratio de taille.
- Les indices dépendants de la distance. Dans ce cas, la compétition est un phénomène localisé à l'entourage immédiat de l'arbre, elle décroît et finit par s'annuler avec la distance. La connaissance de la position des compétiteurs par rapport à l'arbre sujet est nécessaire.

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé l'indice de Tomé et Burkhart (1889) qui est un indice indépendant de la distance, utilisant une combinaison entre la densité (/Ha) et les dimensions de l'arbre. Sa formule est la suivante :

$$IC_i = \left( \frac{10000}{N} \right) \left( \frac{g_i}{g_m} \right)$$

Avec  $g_i$ ,  $g_m$  respectivement surface terrière de l'arbre  $i$  et surface terrière moyenne du peuplement ;  $N$  la densité (Ha).

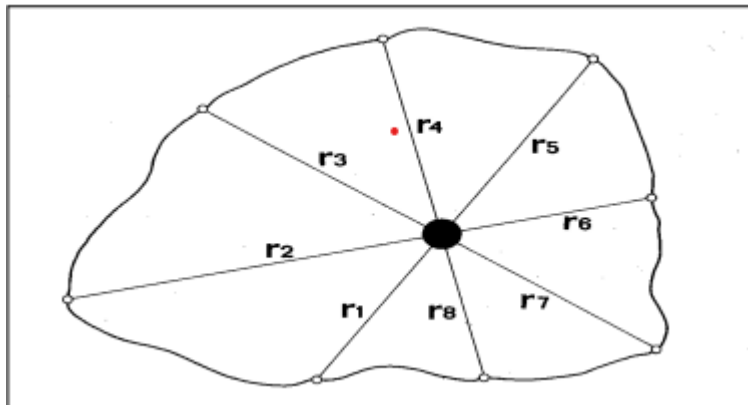
### III.4.2. Analyse de la surface du houppier

Afin de calculer la surface du houppier, on mesure les rayons de ce dernier à partir d'un point O intérieur à la cime (base du tronc), pris comme centre de rayonnement, on trace deux rayons décalés de 90°, le premier pris au hasard et le second par angle. Une fois les mesures des rayons effectuées, le calcul de la surface du houppier est effectué par la formule suivante :

$$S = \frac{\pi}{2}(r_1^2 + r_2^2)$$

Avec :

- S : surface du houppier
- r : rayon projeté



**Figure 7 :** Rayons obtenus par projection horizontale d'une couronne (RONDEUX, 1993)

Une fois le calcul des surfaces des houppier effectué, nous avons procédé à une analyse descriptive (moyenne, minimum, maximum, écart-type et coefficient de variation) suivie de la corrélation et de la régression à l'aide du logiciel Excel.

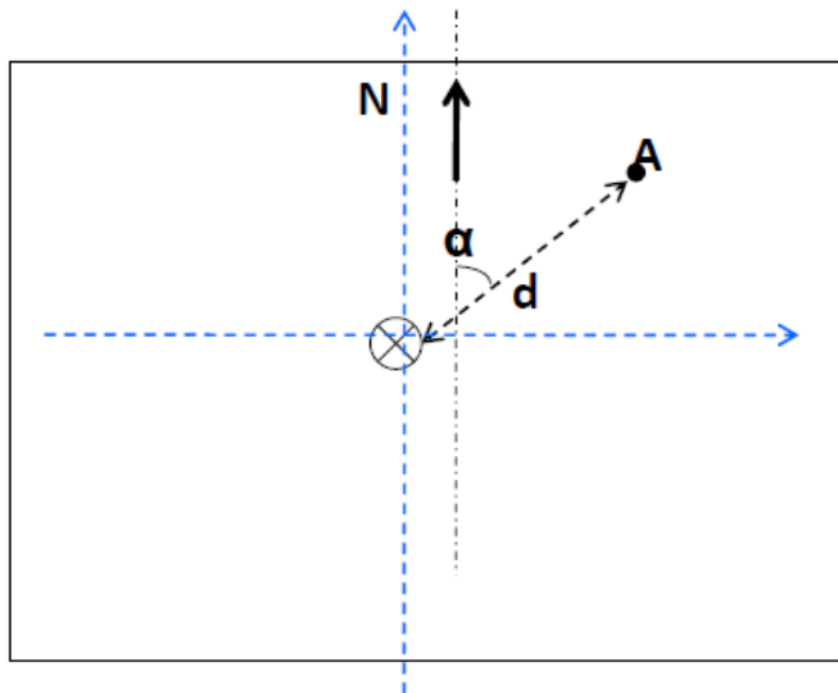
Le principe de la corrélation est de déterminer s'il semble y avoir une association entre deux variables. Ainsi, nous avons étudié la liaison entre la surface des houppiers et la circonférence.

Quant à la régression, elle permet de décrire l'association entre deux variables en établissent l'équation et le graphique de la droite qui représente cette association. Cette droite est appelée *droite de régression* et son équation est *l'équation de régression*. Nous avons réalisé deux régressions : la surface du houppier en fonction de la circonférence et la circonférence en fonction de la surface du houppier.

### III.4.3. La structure horizontale ou spatiale

Pour les corrélations spatiales, nous avons utilisé les statistiques de Ripley ; pour cela nous avons utilisé les caractéristiques suivantes : la circonférence à hauteur de poitrine, la hauteur, la position social (X, Y) et la surface du houppier.

Pour déterminer les positions sociales de chaque arbre sur un plan, on a choisi un centre (O) au sein de chaque placette. Puis, nous avons mesuré une distance (d) qui va du centre (O) vers les arbres tout en prenant un angle ( $\alpha$ ) par rapport au Nord.



**Figure 8** : représentation d'un individu sur in plan.

Les données citées ci-dessus, nous ont permis d'obtenir les données cartésiennes qui ont été calculées à l'aide des formules suivantes :

$$x=d. \cos(\alpha)$$

$$y=d. \sin(\alpha)$$

### III.4.4. Présentation de la fonction K de Ripley

La fonction K de Ripley est un instrument d'analyse et de quantification de l'intensité de second ordre des processus ponctuels complètement positionnés. L'expression de la fonction K est la suivante (Goreau, 2000 ; Moeur, 1997) :

$$k(d) = \frac{1}{\lambda} E(\# \text{événement} \leq d \text{ à un événement aléatoire})$$

Où :

- E () représente la moyenne du nombre d'événements situés à une plus petite distance que tout autre événement aléatoire ;
- $\lambda$  représente l'intensité moyenne des événements sur l'unité de surface.

La fonction K de Ripley peut être mathématiquement estimée pour une multitude de processus ponctuels théoriques. En cas d'hypothèse nul, la fonction théorique K a cette forme :

$$K(d) = \pi d^2$$

Si le processus ponctuel analysé est agrégé, nous aurons un excès d'événements sur de courtes distances, la fonction K estimée étant plus grande que la fonction théorique. L'estimation de la fonction K pour un processus ponctuel spatial est relativement facile, il s'agit d'un rapport entre le nombre moyen d'événements dans un cercle de rayon d centré sur un point aléatoire et l'intensité moyenne du processus.

$$\hat{\lambda} = \frac{N}{S}$$

$$\hat{K}(d) = \frac{1}{\hat{\lambda}} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{j \neq 1} k_{ij}$$

Où :

$$k_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ij} \leq d \\ 0 & \text{si } d_{ij} > d \end{cases}$$

Où  $k(d)$  représente la fonction de Ripley, N le nombre total d'événements, S la zone analysée,  $d_{ij}$  la distance entre les événements  $i$  et  $j$ .

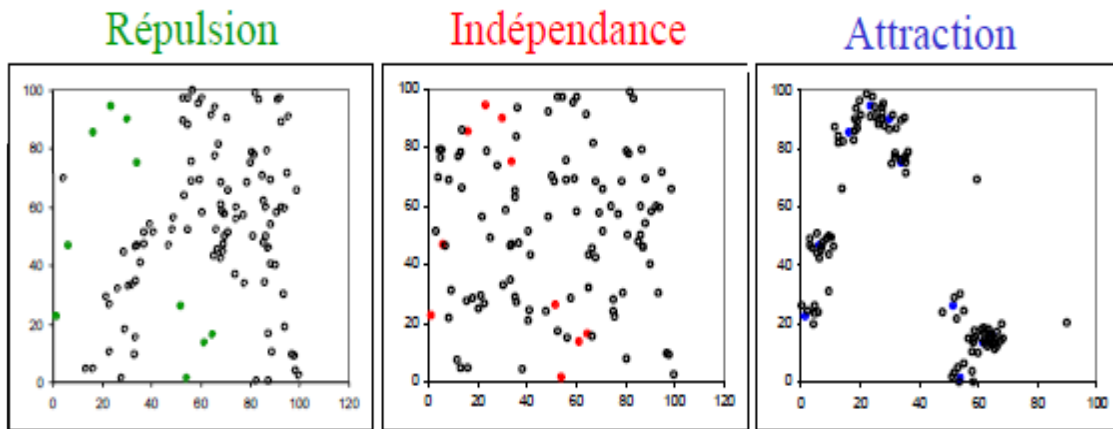
Getis et Franklin (1987) recommande la formule suivante :

$$L(d) = \sqrt{\frac{K(d)}{\pi}}$$

Lorsque :  $L(d)=0$ ...aléatoire (Indépendance)

$L(d)>0$  ...agrégée (Attraction)

$L(d)<0$ ...régulière (Répulsion)



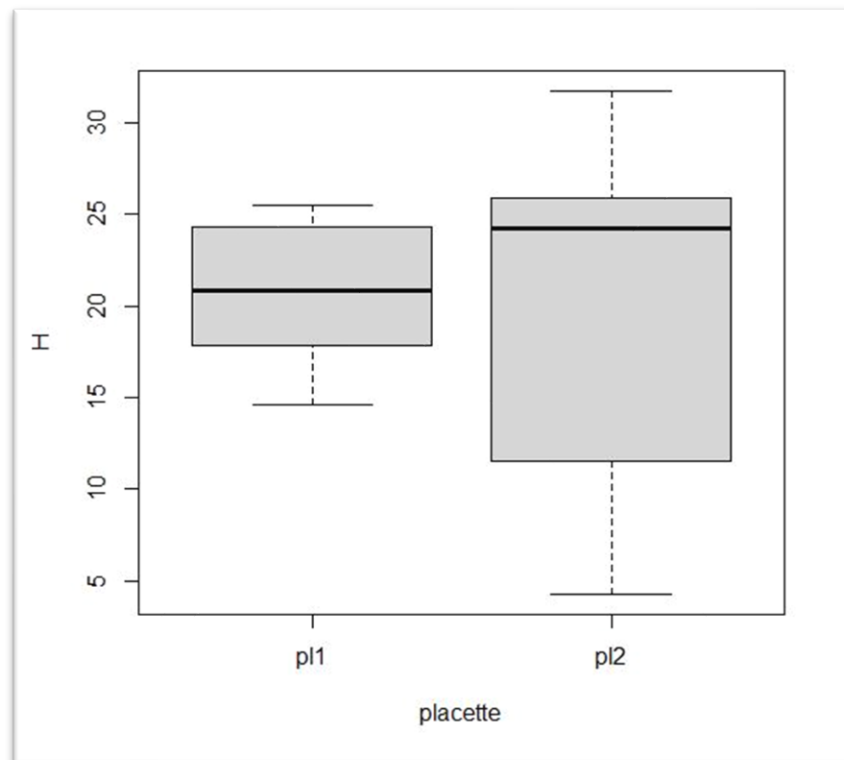
**Figure 9** : illustration des structures de Répulsion, d'indépendance et d'attraction.

# **Chapitre IV :**

## **Résultats et discussion**

## IV.1. Analyse descriptive des hauteurs et des circonférences

### IV.1.1. Les Hauteurs



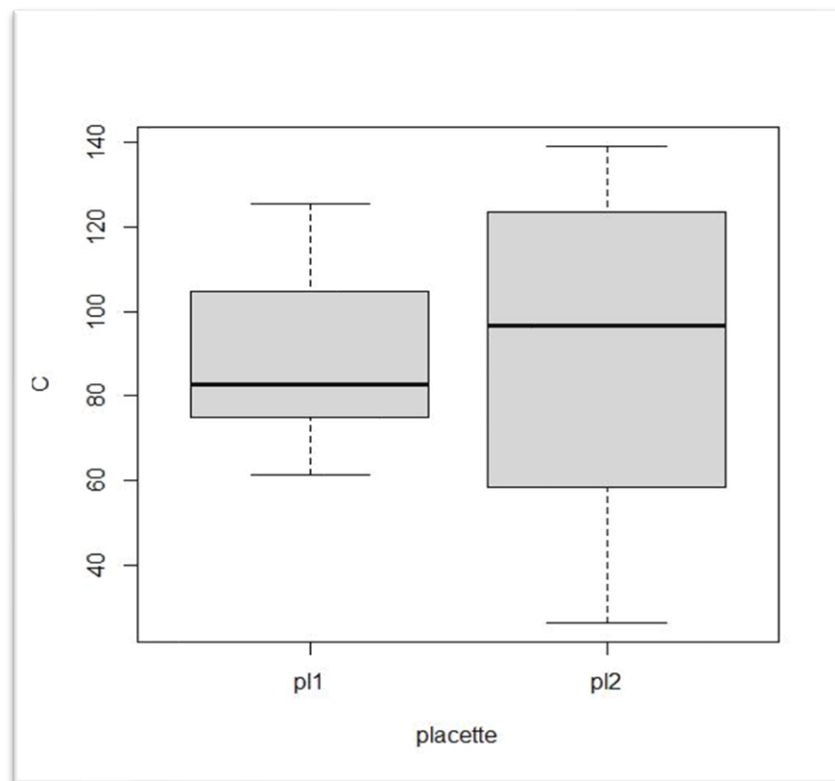
**Figure 10** : Boxplots représentant la hauteur des arbres

L'observation des boxplots représentant la hauteur des arbres (**Figure 10**), montre une faible variabilité des valeurs et une légère asymétrie au niveau de la placette 1. Cependant, la placette 2 montre une plus grande variabilité ainsi qu'une asymétrie plus marquée.

Après avoir mesuré la hauteur des arbres de la placette 1 et 2. La valeur minimal est de (4,3m) et maximale de (31,7m) pour la placette 2, avec un fort écart-type de (9,38m). Le coefficient de variation est de (47%). Cependant pour la placette 1, la hauteur minimale est de (14,6m) et maximale (25,5m) avec un faible écart-type (3,83m) et un coefficient de variation de (18%).

Les valeurs moyennes obtenues dans les deux placettes restent équivalentes, avec un coefficient d'asymétrie et d'aplatissement négatif.

### IV.1.2. Les Circonférences



**Figure 11** : Boxplots représentant la circonférence des arbres

On note une faible variabilité des valeurs des circonférences ainsi qu'une asymétrie accentuée pour la placette 1, suite à l'observation de la boîte à moustache obtenue (**Figure 11**). Tandis que pour la placette 2, on observe une grande variabilité et une faible asymétrie.

Les mesures des circonférences vont de (26,3cm) vers (139,0cm) pour la placette 2. Les valeurs obtenues pour cette dernière nous donne un écart-type de (43,02cm) et un coefficient de variation de (47%). Cependant la placette 1 reste homogène car l'écart-type est de (18,43m) et un coefficient de variation (21%).

Le coefficient d'asymétrie est positif pour la placette 1 mais il est négatif pour la deuxième placette. Le coefficient d'aplatissement est négatif pour les deux placettes.

### IV.1.3. Conclusion

La variabilité des résultats observée concernant les hauteurs et les circonférences des individus au niveau de la placette 2 est probablement dû à l'effet de la compétition. Pour

appuyer ou réfuter cette hypothèse, nous évaluerons la compétition par le calcul de l'indice de Tomé et Burkhart.

**Tableau 7 :** Résultats de l'analyse descriptive de la circonférence et de la hauteur

Placette	Paramètre dendrométrique	Moy	$\sigma$	CV	min	max	Coef. d'aplatissement	Coef. d'asymétrie
PI.1	Hauteur	20,7	3,83	0,18	14,6	25,5	-1,45	-0,24
	Circonférence	88,44	19,43	0,21	61,3	125,3	-0,16	0,66
PI.2	Hauteur	19,78	9,38	0,47	4,30	31,7	-1,17	-0,61
	Circonférence	90,42	43,02	0,47	26,5	139,0	-1,31	-0,52

## IV.2. Appréciation de l'hétérogénéité des peuplements

**Tableau 8 :** Résultats de la comparaison des moyennes par l'analyse de la variance

	Source de variation	Ddl	SCE	CM	Fobs	P value
Circonférence	V. factorielle	1	20,5	20,5	0,0178	0,8953
	V. résiduelle	19	21911,5	1153,2		
	V. totale	20	21932			
Hauteur	V. factorielle	1	4,42	4,416	0,828	0,7766
	V. résiduelle	19	1012,84	53,307		
	V. totale	20	1017,26	57,723		

L'analyse de la variance à un facteur de classification a été réalisé pour vérifier l'hypothèse d'égalité des hauteurs et des circonférences a un niveau de significativité  $\alpha = 0,05$ . Les résultats nous montrent que les hauteurs des individus sont équivalentes. Cependant, on note des différences significatives dans les mesures des circonférences.

### IV.3. Structure du peuplement

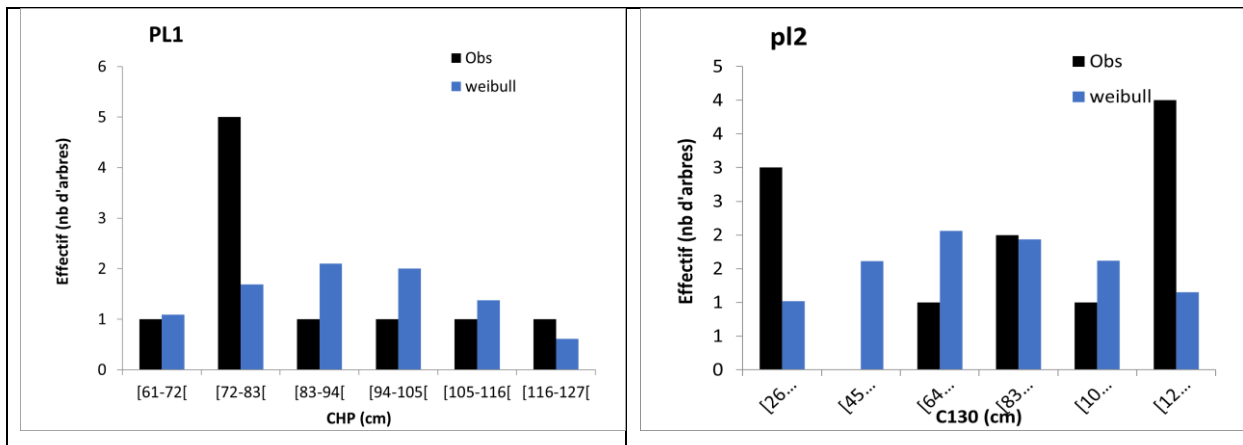
#### IV.3.1. Estimation des paramètres

Nous avons estimé, pour les deux placettes disponibles, les paramètres  $b$  et  $c$  de la distribution de Weibull par la méthode du maximum de vraisemblance, à l'aide du logiciel *R*. Les paramètres  $m$  et  $\delta$  de la distribution normale ont également été estimés pour ces mêmes placettes. Les résultats des estimations des paramètres sont indiqués ci-dessous :

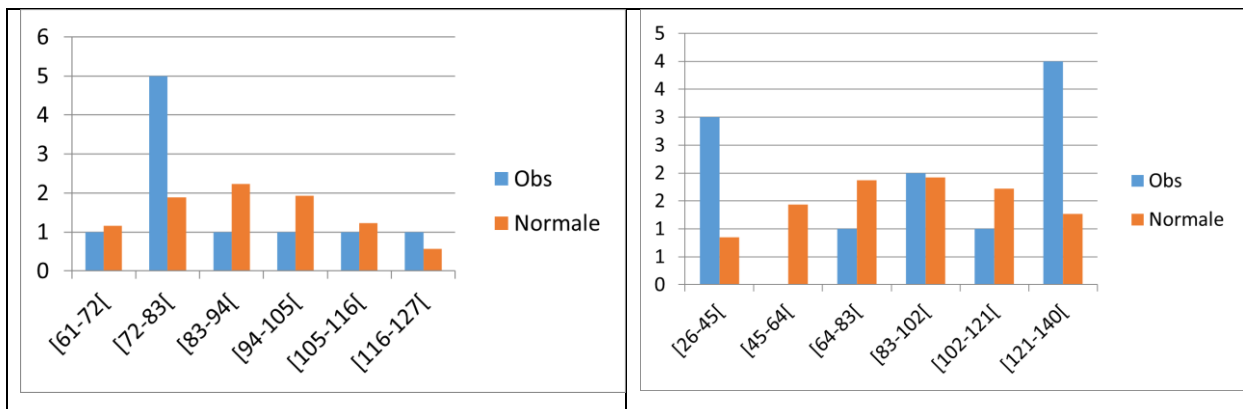
**Tableau 9** : Résultats des estimations des paramètres

Distribution	Placette	Moy	Ecart-type	a	b
Noramele	P11	88,44	19,43		
	P12	90,41	43,02		
Weibull	P11			96,08	5,03
	P12			101,96	2,40

Les résultats de l'estimation des deux approches théorique (distribution normale et distribution de Weibull) pour la structure en densité des classes de circonférences, sont présenté ci-dessous sous-forme d'histogramme.



**Figure 12 :** Structure en circonférence par placette avec superposition de la distribution de Weibull



**Figure 13 :** Structure en circonférence par placette avec superposition de la distribution Normale

Selon les histogrammes (**Figure 12** et **Figure 13**), les résultats restent pour les deux distributions de la loi Normale et la loi Weibull à deux paramètres.

Afin de pouvoir apprécier si la distribution théorique donne une bonne représentation de la distribution observée, nous avons appuyé les comparaisons par l'utilisation de l'indice de Reynolds, dont les résultats sont les suivant :

**Tableau 10 :** Comparaison des distributions par les indices de Reynolds

Distribution	Indice de Reynolds	
	Placette 1	Placette 2
Normale	6,096	7,99
Weibull	6,27	8,18

L'indice de Reynolds est légèrement plus élevé au niveau des deux placettes, ce qui signifie que la comparaison des deux distributions montre que la distribution normale donne des résultats aussi satisfaisant que la distribution de Weibull, et ce malgré une flexibilité moindre. Du fait de la mise en œuvre plus simple, la distribution normale semble devoir être retenue pour la construction du modèle final. Les résultats de la comparaison des deux modèles, semblent proches de celles obtenus par Lejeune (1994) pour la construction de modèle de répartition des arbres pour l'épicéa.

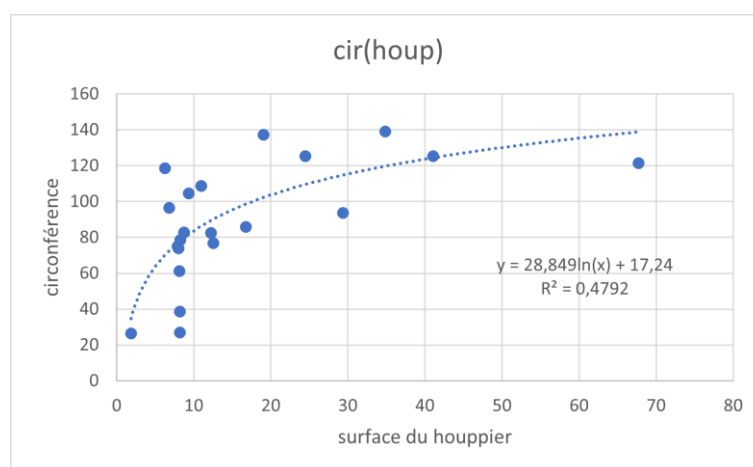
#### IV.4. Analyse de la surface du houppier

La surface moyenne du houppier des individus de la placettes 1 est de (13,7m<sup>2</sup>), la valeur minimale est de (7,92m<sup>2</sup>) et la maximale (m<sup>2</sup>), son écart-type est (7,52m<sup>2</sup>) et d'un coefficient de variation de (57%). On note pour la deuxième placette une moyenne de (19,91m<sup>2</sup>) avec un minimum de (1,83m<sup>2</sup>) et un maximum de (67,73m<sup>2</sup>), son écart-type est de (20,15m<sup>2</sup>) et le coefficient de variation de (101%).

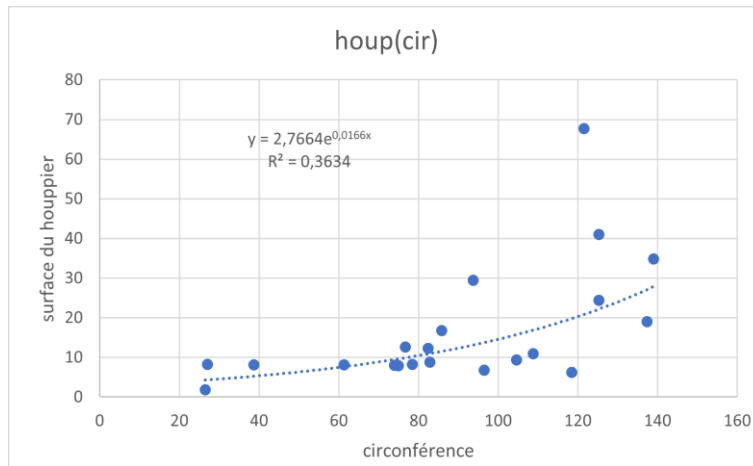
Les résultats de la corrélation entre la surface du houppier et la circonférence nous indique une faible liaison entre les deux variables.

Cependant, on constate que le graphe (circonférence en fonction de la surface du houppier) suit une régression exponentielle avec un coefficient de détermination ( $R^2=0,3634$ ) (figure 16). Tandis que le graphe (surface du houppier en fonction de la circonférence) présente une régression logarithmique de coefficient de détermination ( $R^2=0,4792$ ) (figure15).

Selon les résultats obtenus, il serait préférable de prendre les valeurs de la régression logarithmique de coefficient de détermination plus élevé.



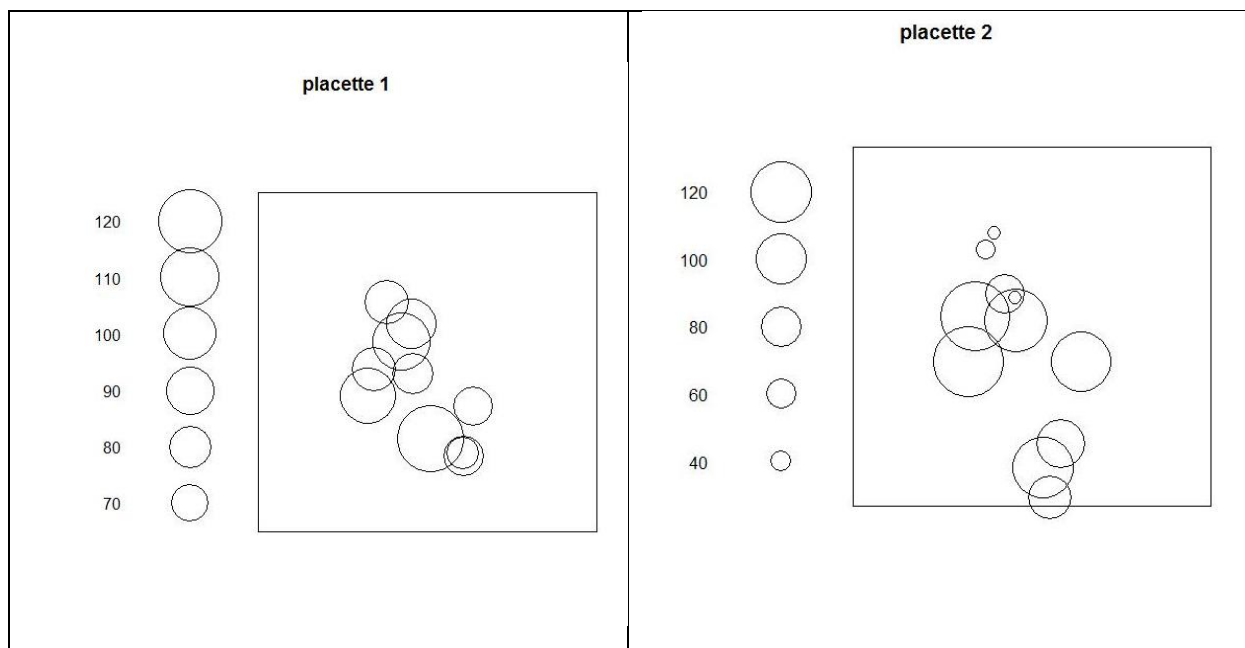
**Figure 14 :** Modèle de la circonférence en fonction de la surface du houppier



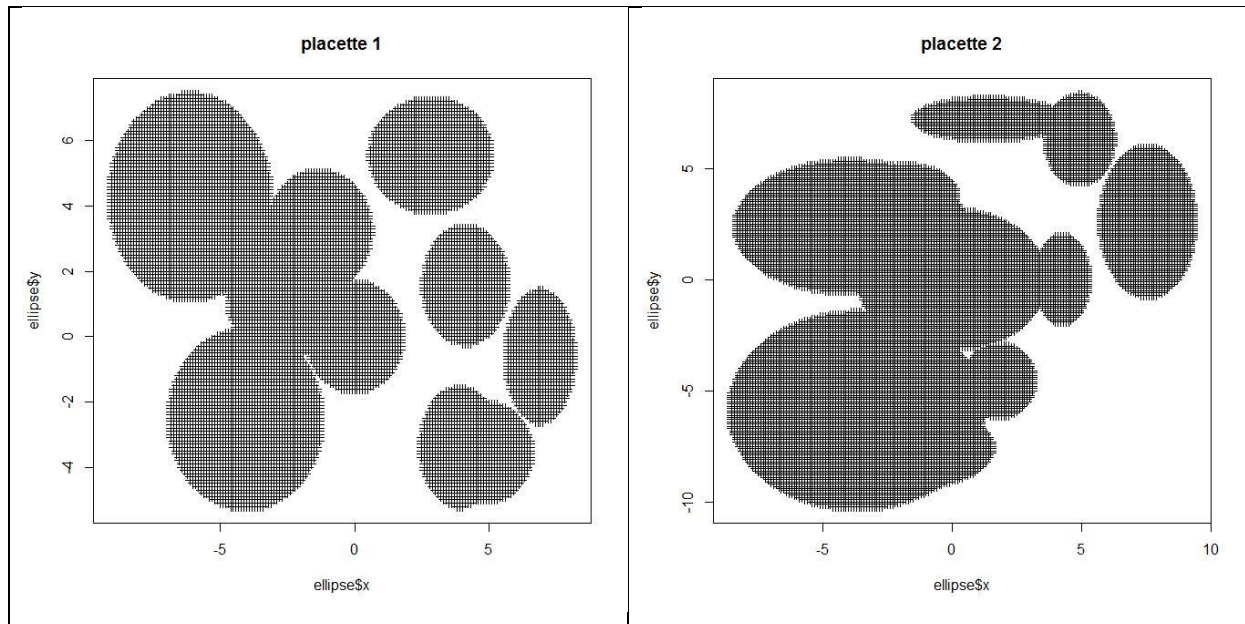
**Figure 15 :** Modèle de la surface du houppier en fonction de la circonférence

#### IV.5. Indice de compétition

La représentation de la surface terrière (**Figure 16**) et celle du houppier (**Figure 17**) dans la placette 1 nous montre une faible compétition comparée à celle de la deuxième placette qui reste compétitive. L'indice de compétition de Tomé et Burkhart affirmeront cette observation.



**Figure 16 :** Représentation des voisinages en fonction de la surface tarière



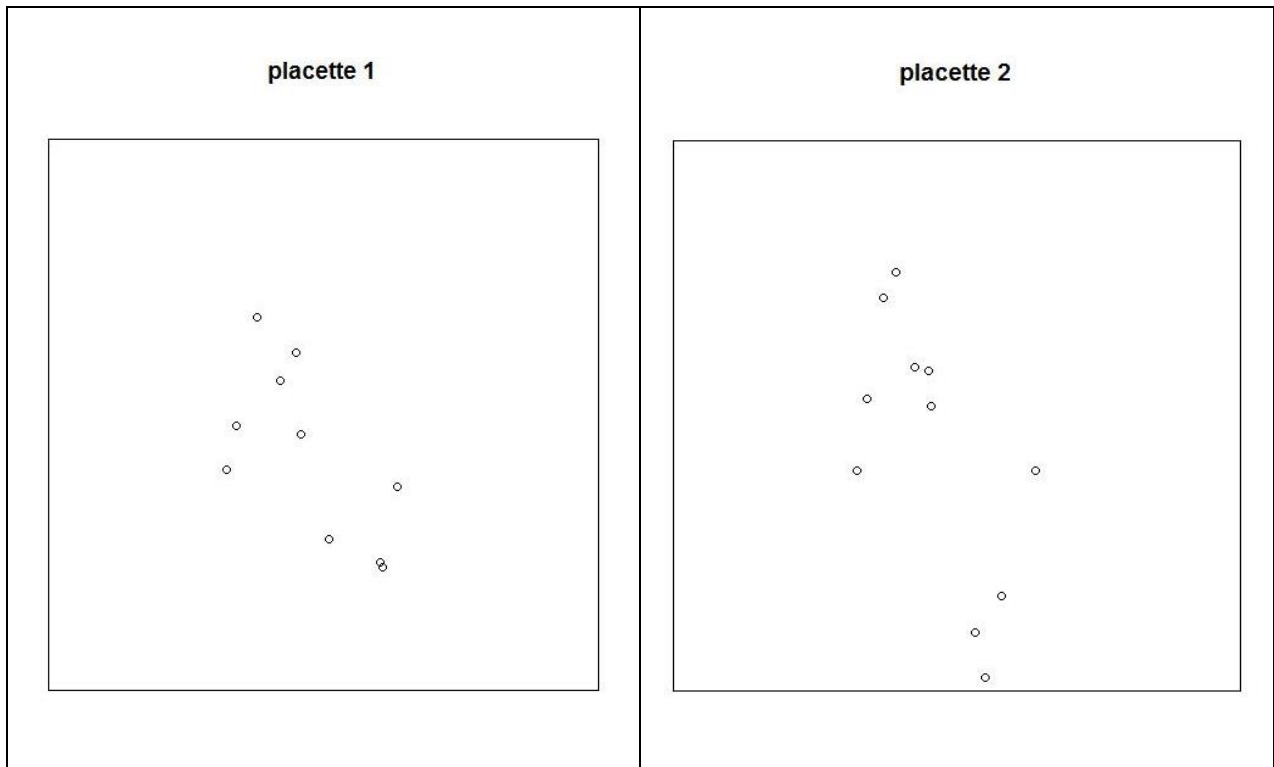
**Figure 17 :** Représentation spatiale de la projection des houppiers

Dans la placette 1, trois individus ont un indice de compétition supérieur à 25 et une seule valeur inférieure à 10. Tandis que dans la deuxième placette on a quatre individus supérieurs à 25 et trois individus inférieurs à 5.

On peut conclure que dans la deuxième placette, la compétition est plus marquée. Elle serait peut-être due à l'âge plus élevé des arbres.

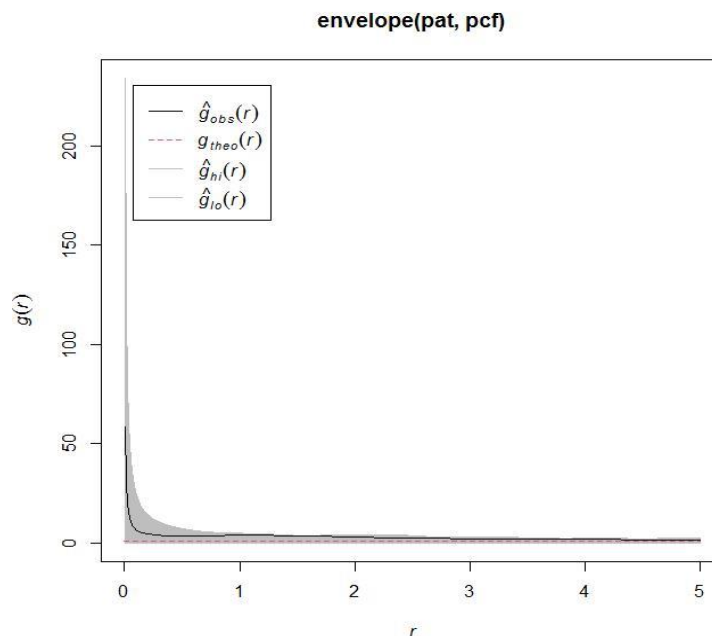
#### **IV.6. Structure horizontale**

D'après la figure X représentant la disposition des individus sur un plan des placettes 1 et 2, on remarque l'agrégation des arbres entre eux. La fonction de Ripley nous permettra de confirmer ces observations.



**Figure 18** : Représentation spatiale des arbres dans les deux placettes

Pour Ripley (1988), si la fonction  $g_{obs}$  est supérieur à  $g_{theo}$ , nous sommes en face d'une agrégation spatiale des individus contenues dans les placettes. Cependant, après avoir évalué l'intervalle de confiance de la fonction  $g$  de Ripley, on peut dire que la répartition du peuplement est aléatoire ; il s'agirait probablement un effet de la compétition.



**Figure 19** : Simulation de la fonction  $g$  de Ripley

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Dans notre étude, nous avons comparé la distribution de la loi Weibull à deux paramètres et la distribution de la loi normale d'un peuplement de chêne zéen sur deux placettes. Nous avons utilisé l'indice de Reynolds, afin d'évaluer la meilleure distribution des arbres de chêne zéen dans deux placettes.

Les résultats obtenus, nous ont permis d'apprécier la loi normale malgré sa restriction. Elle serait un modèle à retenir dans la construction d'un modèle de croissance.

La mesure de l'aire du houppier et de la circonférence des individus des deux placettes, nous montrent que la surface du houppier croît en fonction de la circonférence du tronc, et que cette dernière se stabilise malgré la croissance continue de l'aire du houppier.

L'indice de compétition de Tomé et Burkhart, nous a fait apparaître que plus l'arbre est concurrent plus les individus avoisinants sont concurrencés.

Les statistiques de Ripley, nous ont permis d'étudier la corrélation spatiale des individus des placettes. Les résultats nous ont fait admettre qu'il s'agit d'une agrégation, malgré la probabilité d'une répartition aléatoire.

Les perspectives retenues sont :

- Etude de plusieurs placettes afin d'améliorer la qualité des modèles de distributions.
- Recherche d'un indice de compétition.
- Recherche de l'effet de la lumière à l'intérieur du peuplement forestier et la conséquence sur le développement d'une régénération.

# **Références bibliographiques**

### Références bibliographiques

**Abdessemed K. (1985).** Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Deuxième partie : Les mesures à prendre. Forêt méditerranéenne 7: p43- 52.

**Aime S., Bonin G., Chaabane A., Loisel R., Et Saoudi H. (1986).** Contribution à l'étude phytosociologique des zénaies de littorales Algéro-tunisien. Ecologia Méditerranéenne. Tome XII.Fasc.3-4, p 113-131.

**Aissi A. (2019).** Le chêne zéen à petites feuilles (*Quercus faginea* Lam.) dans l'Aurès : cartographie, écologie et taxonomie. Thèse doctorat en gestion des écosystèmes forestiers. Univ. Batna. 88p.

**Aissi A., Beghami Y., Lepais O., Véla E. (2021).** Analyse morphologique et taxonomique du complexe *Quercus faginea* (Fagaceae) en Algérie. Bontany, février, n°99 ; 38p

**Boudy P. (1950).** Economie forestière Nord-africaine, Tome 2, Fasc. I, Ed. Larose, Paris. 575p.

**Boudy P. (1952).** Guide du forestier en Afrique du Nord. Edition la Maison. Rustique, Paris. 505p.

**Boudy P. (1955).** Economie forestière Nord-Africain ; Tome 4, Ed. Larose.472p.

**Camus (1938).** Les chênes : Monographie du genre *Quercus*. Trois volumes. ed. lechevalier et fils ,1314p.

**Cao Q.V., McCarty S.M. (2006).** News methods for estimating parameters of Weibull functions to characterize future diameter distributions in forest stands. In : Proceedings of the "13th Biennial Southern Silvicultural Research Conference". General Technical Report SRS-92, Southern Research Station, USDA Forest Service, Asheville, NC, USA, pp 338-340.

**Connell J.H. (1990).** Apparent versus "real" competition in plants. In : Perspective on plant competition / J.B. Grace, D. Tilman Eds. San Diego (Californie) : Academic Press, pp. 9-26.

**Dagnelie P. (2013).** Statistique théorique et appliquée. Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. Tome 1, De Boeck, Bruxelles. 517 p.

**Dagnelie P., Rondeux J. (1971).** La répartition des arbres en catégories de grosseur : déciles de Jedlinski et distributions Log-normales. *Ann. Sci. Forest.* 28 (3), pp. 289-296.

## Références bibliographiques

- Del Villar E.H. (1949).** Les *Quercus* de la section « Gallifera » de l’Afrique du Nord *In* travaux dédiés a R. Maire. Mém H.S. Hist. Nat. Nord, 2, Alger, p 165-175.
- Durand J.H. (1950).** sur quelques sols de la forêt de l’Akkfadou et des environs de Yakouren. Direction du service de la colonisation et de l’hydraulique (gouvernement générale d’Algérie).
- Emberger L. (1939).** Aperçu général sur la végétation au Maroc. Travaux de botanique et d’écologie. Ed. Masson. 380p.
- Gelard J.P. (1978).** Carte géologique du nord-est de la Grande Kabylie, schéma structural, échelle 1/2.10<sup>5</sup>. Travaux du laboratoire associé au C.N.R.S. N°157.
- Getis, A., Franklin, J. (1987).** Second-order neighborhood analysis of mapped point patterns, *Ecology* 68, pp 473–477.
- Goreaud (2000).** Apports de l’analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l’étude et la modélisation des peuplements complexes. These doct, sciences forestières. INGREF, Nancy, 525p.
- Goreaud F. (2000).** Apports de l’analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l’étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse doctorat (Science forestière) AgroParisTech. Paris, 553p
- Goreaud F. (2000).** Apports de l’analyse de la structure spatiale en forêt tempereee a l’etude et la modelisation des peuplements complexes, Tezã de doctorat. ENGREF. Nancy. 524 p.
- Gorgoso J.J., Álvarez González J.G., Rojo A., Grandas-Arias J.A. (2007).** Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 16 (2), pp 113-123.
- Gorgoso J.J., Rojo A., Camara-Obregon A., Dieguez-Aranda U. (2012).** Comparison of estimation methods for fitting Weibull, Johnson’s SB and beta functions to *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus radiata* D. Donand et *Pinus sylvestris* L. stands in northwest Spain. *Forest Systems* 21 (3), pp 446-459.
- Hammiche A. (1978).** Etude des relations entre le milieu stationnel et les caractéristiques dendrométriques de *Quercus merbeckii* Dur. Sur versant nord de la forêt de l’Akkfadou ouest. Mém. Ing. agr., INA, El Harrach, 55p.

## Références bibliographiques

- Harper J.L. (1977).** The effects of neighbours. In : Population biology of plants. London : Academic Press, pp 151-347.
- Huart O., Lejeune P., Lemoine N., Rondeux J., (2004).** Proposition d'une méthode d'inventaire « sylvicole » pour le diagnostic post-perturbation des hêtraies wallonnes touchées par la « maladie du hêtre ». *Note technique forestière de Gembloux* n° 12, 26p.
- Larribi M. (2000).** Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliés à *Quercus canariensis* Willd et *Quercus afares* Pomel du massif forestier d'Ath Ghobri et l'Akfadou (Grande kabylie). Thèse Maj. Univ. Mouloud Mammeri (Tizi Ouzou), 140p.
- Le Houerou H.N. (1974).** L'impact de l'Homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne, 1<sup>o</sup> partie, *Forêt méditerranéenne*, t.II, n°1, p155-174.
- Lei Y. (2008).** Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.). *Journal of Forest Science* 54 (12), pp 566-571.
- Lejeune P. (1994).** Construction d'un modèle de répartition des arbres par classes de grosseur pour les plantations d'épicéa commun (*Picea abies* L Karst) en Ardenne belge. *Ann. Sci. Forest.* 51(1), pp. 53-65.
- Liu C., Beaulieu J., Prigent G. & Zhang S. Y. (2009).** Applications and comparison of six methods for predicting parameters of the Weibull function in unthinned *Picea glauca* plantations. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 (1), pp, 67-75.
- Louni D. (1994).** Les forêts algériennes. *Forêt méditerranéenne*, janvier, n°1, p59-63.
- Maire R. (1926).** Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouver. Génér. Alg., Serv. Cart., Alger, 78p.
- Maire R. (1961).** Flore de l'Afrique du nord. Vol. VII LECHEVALIER Ed Paris. 329p
- Mansour M. (1984).** Détermination des Oïdium du Chêne zéen (*Quercus mirbickii* Dur.) de la forêt de Béni Ghobri de Tizi-Ouzou. D. E. S. en biologie végétale. Univ. Tizi-Ouzou.
- Mazeghrane O., Messaoud N. (1990).** Contribution à l'analyse dendrométrique d'un peuplement naturel de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd) dans la forêt expérimentale de Tizi Oufellah (Beni-Ghobri). *Mém. Ing. arg. univ. Mouloud Mammeri*, Tizi Ouzou, 54p.
- Meddour. (1993).** Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de la Tala-Kitane (Akfadou-Algerie). *Ecologia Mediterranea*, XIX (3/4). 9p.

## Références bibliographiques

- Messaoudene M. (1989).** Dendroécologie et productivité de *Quercus afares* Pomel et *Quercus canariensis* Willd dans les massifs forestiers de l'Akfadou et Béni Ghobri en Algérie. Thèse de Doctorat Université D'Aix Marseille III, 123p.
- Messaoudene M. (1996).** Chêne zéen et Chêne afarès. La forêt Algérienne, Fev- Mars n°1. Ed. INRF, Bainem (Alger), p18-25.
- Messaoudene M. Et Tesier L. (1991).** Croissance radiale de *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus afares* Pomel. En Kabylie (Algérie). *Ecologia Mediterranea*. p119-133.
- Messaoudène M. Laribi M. Derridj A. (2007).** Étude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie). — *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 291(1), p 75-81.
- Messaoudene M., Laribi M., Derridj A. (2007).** Étude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie). *Bois et Forêts des Tropiques*, 2007, N° 291 (1). p 75-81.
- Messaoudene M., Tafer M., Loukkas A., Et Marchale. (2008).** Propriétés physiques du bois de Chêne zéen de la forêt des Ait Ghobri (Algérie). *Gestion de la ressource ligneuse, Bois et forêt tropique* N° 298(4), p 39-50.
- Messaoudene M. et Tessier L., 1991-** Croissance radiale de *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus afares* Pomel. En Kabylie (Algérie). *Ecologia Mediterranea* XVII pp. 119-133.
- Moeur M. (1997).** Spatial models of competition and gap dynamics in old-growth *Tsuga heterophylla/Thuja plicata* forests. *Forest Ecology and Management*. 94, pp 175–186.
- Pardé J., Bouchon J. (1988).** Dendrométrie. 2e édition. Nancy : École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 328 p.
- Parde J., Bouchon J., (1988).** Dendrométrie. Ed. Ecole Nationale des Eaux et des Forêts (ENGREF), Nancy, 328p
- Prévosto B. (2005).** Les indices de compétition en foresterie : exemples d'utilisation, intérêts et limites. *Revue Forestière Française*, (5), pp 413-430.
- Quezel P. (1955).** Le dynamisme de la végétation en région méditerranéenne. Acte du 2<sup>ème</sup> stage européen sur l'écologie appliqué dans la région méditerranéenne. *Colona verde* 39, Italie, p 375-391.
- Quezel P. (1956).** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. *Mem. Soc. hist. Nat. Afri. Du nord*, 57 p.

## Références bibliographiques

- Quezel P. (1976).** Les forêts du pourtour méditerranéen. In Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagements. UNESCO, Paris. p 9-33.
- Quezel P., Bonin G. (1980).** Les forêts de feuillus du pourtour méditerranéen conservation écologique, situation actuelle, perspectives, Rev.For.Fra.1982(3) PP. 253-268.
- Quézel P., Médail F. (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier SAS. 571p.
- Quezel P., Santa S. (1962).** Nouvelles flores de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. C.N. R. S., 2 tomes, Paris. 1170p.
- Rathgeber C., Blanc L., Ripert C., Vennetier M. (2004).** Modélisation de la croissance en hauteur du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en région méditerranéenne française. *Ecol. Médit.* Tome 30, fasc. (2), pp. 205-218.
- Reynolds M.R., Burk T.E., Huang W.C. (1988).** Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution model. *Forest Science* 34, pp 373-399.
- Rondeux J. (1993).** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 521p.
- Seigue A. (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et Larose, 502 p.
- Sghaier T., Cañellas I., Calama R., Sánchez-González M. (2016).** Modelling diameter distribution of *Tetraclinis articulata* in Tunisia using normal and Weibull distributions with parameters depending on stand variables. *iForest* 9, pp 702-709.
- Smail D. (1994).** Ecologie des macro mycètes lignicoles de deux massifs forestiers de la Kabylie, Talla-Guilef et Yakouren. Thèse Mag. Agro. Univ. Tizi-Ouzou. 143p.
- Smail J. (1989).** Traité de pathologie végétale. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux. 621p.
- Tafer M. (2000).** Contribution à l'étude de la variabilité stationnelle de la qualité du bois de *Quercus canariensis* Willd dans la forêt de Beni Ghobri (Tizi-ouuzou). 104p.
- Tomé M., Burkhart H.E. - 1989 :** Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *Forest Science*, 35 : 816-831.

## Références bibliographiques

**Tomé M., Burkhardt H.E. (1989).** Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *Forest Science*, 35 : 816-831.

**Zhang L., Packard K. C. & Liu C. (2003).** A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's SB distributions to mixed spruce fir stands in northeastern North America. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, pp 1340-1347.

**Zine Al Abdine A. (1987).** Application de l'analyse multidimensionnelle à l'étude taxonomique et phytoécologique du chêne zéen (*Quercus faginea* Lamk. s. I) et ses peuplements au Maroc. Thèse de Doct. Ing., univ. D'Aix-Marseille III, fac. De St Jérôme, 127p.

# **Annexes**

## Annexes

**Annexes I :** Résultats d'estimation des distributions normales et Weibull vérifié par l'indice de Reynolds dans la placette de Tala Kitane.

Classe de Circonférence	Observés	Distribution théorique normale		Distribution théorique de Weibull	
		Prédites	IE	Prédites	IE
[61-72[	1	1,16	0,16	1,09	0,09
[72-83[	5	1,88	3,12	1,69	3,31
[83-94[	1	2,23	1,23	2,10	1,10
[94-105[	1	1,93	0,93	2,01	1,01
[105-116[	1	1,22	0,22	1,37	0,37
[116-127[	1	0,57	0,43	0,62	0,38

**Annexes II :** Résultats d'estimation des distributions normales et Weibull vérifié par l'indice de Reynolds dans la placette de Tacharchourt.

Classe de Circonférence	Observés	Distribution théorique normale		Distribution théorique de Weibull	
		Prédites	IE	Prédites	IE
[26-45[	3	0,85	2,15	1,02	1,98
[45-64[	0	1,44	1,44	1,61	1,61
[64-83[	1	1,87	0,87	2,06	1,06
[83-102[	2	1,92	0,08	1,94	0,06
[102-121[	1	1,72	0,72	1,62	0,62
[121-140[	4	1,27	2,73	1,15	2,85

## Annexes

### Annexe III : mesures dendrométriques des arbres.

Placette de Tala Kitan			Placette de Tacherchourt		
Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Surface tarière	Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Surface tarière
25,5	104,6	8593,16697	31,70	139,00	15174,6779
20,3	76,7	4620,411	28,30	121,50	11594,244
24,3	108,8	9297,10364	25,10	85,80	5781,81854
21,4	93,7	6895,5524	24,20	96,50	7313,82405
17,8	82,4	5332,66503	24,60	118,50	11028,7574
24,1	82,8	5384,56414	22,00	137,30	14805,7685
16,4	73,9	4289,2243	8,10	38,70	1176,28298
14,6	74,9	4406,09155	7,80	27,00	572,555261
18,2	61,3	2951,28282	14,90	78,50	4839,81983
24,4	125,3	12330,8219	26,60	125,30	12330,8219
			4,30	26,50	551,54586

### Annexe IV : Mesures des position spatiales des arbres dans la placette de Tala Kitane.

Distance	Azimute	Azimute (grad)	x	y
0	0	0	0	0
2,95	154	2,68780705	-2,65144244	1,29319488
3,5	112	1,95476876	-1,31112308	3,24514349
7,45	145	2,53072742	-6,10268273	4,27314445
6,24	63	1,09955743	2,83290072	5,55988071
4,42	21	0,36651914	4,12642549	1,58398634
6,9	355	6,19591884	6,87374342	-0,60137462
6,04	324	5,65486678	4,88646265	-3,55022292
5,16	319	5,56760031	3,89430143	-3,38526459
4,76	212	3,70009801	-4,03670894	-2,5224157

## Annexes

### Annexe V : Mesures des position spatiales des arbres dans la placette de Tacharchourt.

Distance	Azimute	Azimute (grad)	x	y
0,00	0,00	0	0	0
6,95	238,00	4,15388362	-3,68293889	-5,89393427
7,68	259,00	4,52040276	-1,46541308	-7,53889677
4,90	292,00	5,09636142	1,83557231	-4,54320089
4,26	360,00	6,28318531	4,26	-1,0438E-15
8,00	19,00	0,33161256	7,5641486	2,60454524
8,00	52,00	0,90757121	4,9252918	6,30408603
7,35	79,00	1,37881011	1,40244612	7,2149598
4,18	115,00	2,00712864	-1,76654433	3,78836655
4,60	149,00	2,60054059	-3,94296958	2,36917514
6,35	145,00	2,53072742	-5,20161548	3,64221037

### Annexe VI : Surface et longueur des houppiers.

Placette de Tala Kitane			Placette de Tacharchourt.		
Rayon 1 (m)	Rayon 2 (m)	Surface du houppier (m <sup>2</sup> )	Rayon 1 (m)	Rayon 2 (m)	Surface du houppier (m <sup>2</sup> )
1,77	1,68	9,34	3,58	3,10	34,87
2,05	1,95	12,56	4,90	4,40	67,73
1,92	1,82	10,98	3,00	1,78	16,78
2,97	3,15	29,39	1,34	1,62	6,82
2,25	1,73	12,23	1,00	1,99	6,25
1,55	1,8	8,77	1,80	3,37	19,06
1,26	2,02	8,00	1,30	2,00	8,17
1,67	1,51	7,92	2,87	0,91	8,20
1,42	1,82	8,12	1,96	1,34	8,25
2,83	2,75	24,45	4,43	2,95	41,06
			1,22	0,48	1,84

## Annexes

### Annexe VII : Résultats des indices de compétition (indice de Tomé et Burkhart)

Placette de Tala Kitane	Placette de Tacharchourt.
Indice de Tomé et Burkhart	Indice de Tomé et Burkhart
26,81	35,63
14,42	27,23
29,01	13,58
21,51	17,17
16,64	25,90
16,80	34,77
13,38	2,76
13,75	1,34
9,21	11,37
38,47	28,96
	1,30

### Annexe VII : Résultats des longueurs des cernes dans la placette de Tala Kitan.

Num	Long (mm)	num	Long (mm)	Num	Long (mm)	Num	Long (mm)	Num	Long (mm)
1	0,750	21	1,540	41	1,310	61	0,061	81	0,081
2	0,830	22	1,230	42	1,270	62	0,062	82	0,082
3	0,730	23	1,050	43	0,870	63	0,063	83	0,083
4	0,820	24	0,960	44	0,550	64	0,064	84	0,084
5	1,120	25	0,840	45	0,790	65	0,065	85	0,085
6	0,920	26	0,870	46	0,730	66	0,066	86	0,086
7	1,180	27	1,370	47	0,770	67	0,067	87	0,087
8	1,610	28	0,890	48	1,180	68	0,068	88	0,088
9	1,970	29	0,900	49	1,220	69	0,069	89	0,089
10	1,940	30	1,280	50	2,050	70	0,070	90	0,090
11	1,470	31	1,510	51	2,720	71	0,071	91	0,091
12	1,210	32	1,160	52	2,290	72	0,072	92	0,092
13	1,570	33	0,980	53	1,570	73	0,073	93	0,093
14	1,050	34	1,000	54	2,130	74	0,074	94	0,094
15	1,420	35	1,130	55	1,580	75	0,075	95	0,095
16	1,050	36	1,180	56	1,820	76	0,076	96	0,096
17	1,530	37	1,190	57	2,260	77	0,077	97	0,097
18	1,300	38	1,120	58	1,910	78	0,078		
19	0,870	39	1,170	59	1,050	79	0,079		
20	1,180	40	0,980	60	1,280	80	0,080		

## Annexe IX : Résultats des longueurs des cernes dans la placette de Tacherchourt.

Num	Long (mm)	Num	Long (mm)	Num	Long (mm)	Num	Long (mm)	Num	Long (mm)
1	1,980	21	3,190	41	0,840	61	1,65	81	5,280
2	2,100	22	1,350	42	1,090	62	1,75	82	3,340
3	0,720	23	3,700	43	3,680	63	1,77	83	2,890
4	0,550	24	2,310	44	1,090	64	2,16	84	4,210
5	1,090	25	4,900	45	3,680	65	2,7	85	2,050
6	2,120	26	2,990	46	1,370	66	2,9	86	2,140
7	1,500	27	2,230	47	2,520	67	4,17	87	2,390
8	3,610	28	1,080	48	0,850	68	2,25	88	4,740
9	3,870	29	1,450	49	0,760	69	3,05	89	2,090
10	3,920	30	0,950	50	1,120	70	2,85	90	4,160
11	2,010	31	0,690	51	5,600	71	1,97	91	3,120
12	1,460	32	1,590	52	2,540	72	7,47	92	2,370
13	5,270	33	2,610	53	2,100	73	3,66	93	3,480
14	3,780	34	1,750	54	1,740	74	5,93	94	2,590
15	1,570	35	1,390	55	1,250	75	5,84	95	2,560
16	1,910	36	1,970	56	1,110	76	2,96	96	1,760
17	2,120	37	1,510	57	1,060	77	1,49	97	2,010
18	3,190	38	2,110	58	1,340	78	3,13	98	2,33
19	2,790	39	1,070	59	0,990	79	2,18	99	2,13
20	2,200	40	0,740	60	1,080	80	5,36	100	3,44
								101	2
								102	1,91
								103	0,74
								104	0,95

## Résumé

L'objectif principal de notre travail est la comparaison de deux distributions : normale et Weibull à deux paramètres de deux placettes de chêne zéen de 200 m<sup>2</sup> de superficie chacune, située à Akfadou Ouest dans le canton de Thala Kitan et Tacharchourth, contenant 21 arbres. On a évalué la compétition inter individus des deux placettes à l'aide de l'indice Tom et Burkhart et leurs structures horizontales ont été déterminées grâce à la fonction de Ripley.

D'une part, la comparaison de deux distributions a montré que la loi normale pouvait donner des résultats aussi satisfaisants que la loi de Weibull. D'autre part, l'indice de Tom et Burkhart a permis de conclure que la deuxième placette avait une compétition marquée. Cependant, la fonction de Ripley a montré l'agrégation des individus du peuplement de chêne zéen.

**Mots clés** : chêne zéen, indice de compétition, fonction de Ripley, indice de Reynolds, Akfadou Ouest.

## Abstract

The main objective of our work is the comparison of two distributions: Normal and Weibull with two parameters of zean oak (*Quercus canariensis*) in two plots of 200 m<sup>2</sup> each, containing 21 Trees, located in Akfadou West in the canton of Tala Kitane and Tacharchourt. The inter-individual competition of the two plots was assessed using the Tomé and Burkhart index and their horizontal structures were determined using the Ripley function.

On one side, the comparison of two distributions showed that the normal distribution could give as good results as the Weibull distribution. On the other side, Tomé and Burkhart's index led to the conclusion that the second plot had a marked competition. However, Ripley's function showed the aggregation of individuals in the Zea oak stand.

**Keywords**: Zean oak, competition index, Ripley function, Reynolds index, West Akfadou.